



MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
COMANDO DE OPERAÇÕES TERRESTRES

Manual Técnico
INSTALAÇÕES NA ZONA
DE COMBATE

2ª Edição
2021

EB70-MT-10.408



MINISTÉRIO DA DEFESA

EXÉRCITO BRASILEIRO

COMANDO DE OPERAÇÕES TERRESTRES

Manual Técnico

**INSTALAÇÕES NA ZONA
DE COMBATE**

**2ª Edição
2021**

PORTARIA - COTER/C Ex Nº 142, DE 8 DE DEZEMBRO DE 2021

EB: 64322.024924/2021-84

Aprova o Manual Técnico EB70-MT-10.408 Instalações na Zona de Combate, 2ª edição, 2021 e dá outras providências.

O **COMANDANTE DE OPERAÇÕES TERRESTRES**, no uso da atribuição que lhe confere o inciso IV do artigo 16 das Instruções Gerais para o Sistema de Doutrina Militar Terrestre – SIDOMT (EB10-IG-01.005), 5ª edição, aprovadas pela Portaria do Comandante do Exército nº 1.550, de 8 de novembro de 2017, resolve:

Art. 1º Aprovar o Manual Técnico EB70-MT-10.408 Instalações na Zona de Combate, 2ª edição, 2021, que com esta baixa.

Art. 2º Revogar o Manual de Campanha C 5-39 Instalações na Zona de Combate, 1ª edição, 2002, aprovado pela Portaria nº 099-EME, de 27 de novembro de 2002.

Art. 3º Determinar que esta Portaria entre em vigor na data da sua publicação.

Gen Ex MARCO ANTÔNIO FREIRE GOMES

Comandante de Operações Terrestres

(Publicado no Boletim do Exército nº 50, de 17 de dezembro de 2021)

FOLHA REGISTRO DE MODIFICAÇÕES (FRM)

NÚMERO DE ORDEM	ATO DE APROVAÇÃO	PÁGINAS AFETADAS	DATA

ÍNDICE DE ASSUNTOS

	Pag
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	
1.1 Finalidade.....	1-1
1.2 Considerações Iniciais.....	1-1
1.3 Objetivo.....	1-2
1.4 Responsabilidades.....	1-2
CAPÍTULO II – CARACTERÍSTICAS GERAIS	
2.1 Considerações Gerais.....	2-1
2.2 Principais Características.....	2-1
2.3 Considerações Ambientais.....	2-2
2.4 Fatores Críticos.....	2-2
2.5 Tipos de Instalações.....	2-3
2.6 Instalações Logísticas.....	2-4
2.7 Instalações de Abastecimento de Água.....	2-6
2.8 Instalações de Esgoto.....	2-6
2.9 Tratamento de Esgoto.....	2-7
2.10 Instalações Elétricas.....	2-8
2.11 Acantonamentos.....	2-8
2.12 Materiais de Construção.....	2-9
2.13 Resíduos Sólidos.....	2-10
CAPÍTULO III – AERÓDROMOS, PISTAS DE POUSO, HELIPONTOS, HELIPORTOS E ZONAS DE POUSO DE HELICÓPTEROS	
3.1 Considerações Gerais.....	3-1
3.2 Definições.....	3-1
3.3 Características Básicas dos Helipontos.....	3-3
3.4 Características Básicas de uma Zona de Pouso de Helicópteros em Combate.....	3-4
3.5 Cuidados na Montagem de uma Zona de Pouso de Helicópteros.....	3-7
3.6 Locais de Pouso e Decolagem de Helicópteros.....	3-8
3.7 Reconhecimentos dos Locais de Pouso.....	3-9
3.8 Escolha do Local.....	3-9
3.9 Pista de Pouso para Aeronaves de Asa Fixa.....	3-11
3.10 Especificações para o Projeto de Campo de Pouso.....	3-12
CAPÍTULO IV – INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS	
4.1 Considerações Gerais.....	4-1
4.2 Instalações Logísticas na Zona de Combate nas Áreas de Trens.....	4-2

4.3 Distância de Segurança.....	4-5
4.4 Principais Instalações.....	4-8
4.5 O Emprego de Contêineres nas Instalações Logísticas.....	4-8
CAPÍTULO V – INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA	
5.1 Considerações Gerais.....	5-1
5.2 Tipos de Equipamentos de Purificação de Uso Militar.....	5-4
5.3 Instalações Prediais.....	5-5
5.4 Consumo Diário.....	5-12
5.5 Elevação Mecânica de Água – Bombeamento.....	5-13
5.6 Dimensionamento das Tubulações.....	5-18
5.7 Dimensionamento das Colunas de Alimentação.....	5-28
5.8 Tipos de Barrilete.....	5-30
5.9 Redes de Distribuição Ramificada e Malhada.....	5-32
5.10 Projeto de uma Rede de Distribuição de Água.....	5-34
CAPÍTULO VI – COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO	
6.1 Considerações Gerais.....	6-1
6.2 Requisitos de uma Instalação de Coleta.....	6-1
6.3 Definições Básicas.....	6-1
6.4 Métodos de Dimensionamento das Tubulações de Esgoto.....	6-5
6.5 Tubos de Queda.....	6-6
6.6 Coletores e Subcoletores.....	6-7
6.7 Ramais de Ventilação.....	6-8
6.8 Coluna e Barrilete de Ventilação.....	6-8
6.9 Convenções Gráficas.....	6-9
6.10 Processos de Tratamento de Esgotos e Fossas Sépticas.....	6-9
6.11 Tratamento de Esgotos: Sistema de Tanque Séptico – O Tratamento Complementar e a Disposição Final.....	6-18
6.12 Avaliação da Capacidade de Absorção de um Solo (k).....	6-25
6.13 Resíduos Sólidos.....	6-29
6.14 Segregação dos Resíduos.....	6-32
CAPÍTULO VII – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	
7.1 Responsabilidade.....	7-1
7.2 Geração de Eletricidade.....	7-1
7.3 Potencial Elétrico ou Tensão Elétrica.....	7-2
7.4 Corrente Elétrica.....	7-2
7.5 Frequência Elétrica.....	7-3
7.6 Resistência Elétrica.....	7-3
7.7 Lei de OHM.....	7-4
7.8 Circuitos com Resistências em Série.....	7-5

7.9 Circuitos com Resistências em Paralelo.....	7-5
7.10 Medição de Tensão e Corrente.....	7-6
7.11 Energia e Trabalho.....	7-6
7.12 Geração de Energia.....	7-7
7.13 Distribuição de Energia Elétrica.....	7-10
7.14 Rede de Distribuição Subterrânea.....	7-14
7.15 Dimensionamento dos Eletrodutos.....	7-15
7.16 Iluminação.....	7-16
7.17 Tomadas de Força.....	7-18
7.18 Divisão das Instalações em Circuitos.....	7-19
7.19 Quedas de Tensão Admissíveis.....	7-22
7.20 Dispositivos de Proteção dos Circuitos Elétricos.....	7-23
7.21 Dispositivos de Proteção Contra Curto-Circuitos.....	7-24
7.22 Dispositivos de Proteção Contra Sobrecargas.....	7-25
7.23 Quadros de Distribuição.....	7-26
7.24 Fator de Demanda.....	7-28
7.25 Aterramentos.....	7-32
7.26 Condutores de Proteção.....	7-32
7.27 Eletrodos de Aterramento.....	7-34
7.28 Proteção Contra Choques Elétricos.....	7-37
7.29 Descargas Elétricas Atmosféricas.....	7-40
7.30 Motores Elétricos.....	7-46
CAPÍTULO VIII – ACANTONAMENTOS	
8.1 Considerações Gerais.....	8-1
8.2 Tipos de Pavilhões Semipermanentes.....	8-1
8.3 “Projeto-Tipo” de Pavilhão.....	8-2
8.4 Plantas, Cortes e Detalhes.....	8-3
8.5 Especificações.....	8-4
8.6 Cálculo de Módulos.....	8-5
8.7 Uso de Tabelas.....	8-6
8.8 Instalações Temporárias.....	8-6
8.9 Paio.....	8-7
8.10 Central de Tratamento de Água.....	8-8
8.11 Central Telefônica.....	8-9
8.12 Posto Rádio.....	8-10

CAPÍTULO IX – APROVEITAMENTO DOS RECURSOS LOCAIS E MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

9.1 Definição.....	9-1
9.2 Aglomerantes.....	9-5
9.3 Armazenamento do Cimento Ensacado.....	9-8
9.4 Causas da Deterioração do Cimento.....	9-8
9.5 Agregados.....	9-9
9.6 Obtenção dos Agregados Naturais.....	9-11
9.7 Obtenção dos Agregados Artificiais.....	9-12
9.8 Argamassas.....	9-13
9.9 Concreto de Cimento Portland.....	9-14
9.10 Madeiras.....	9-17
9.11 Aço de Construção.....	9-20

GLOSSÁRIO

REFERÊNCIAS

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 FINALIDADE

1.1.1 Este manual destina-se a apresentar as informações necessárias para o planejamento, a execução e a manutenção dos trabalhos técnicos de instalações na zona de combate (ZC). Visa, também, a padronizar conhecimentos e procedimentos, sem a pretensão de esgotar quaisquer dos assuntos tratados, visto serem estes de grande complexidade e extensão.

1.2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.2.1 A Engenharia é a arma de apoio ao combate que tem como missão principal apoiar as operações conduzidas pela Força Terrestre (F Ter), por intermédio das atividades de apoio à mobilidade, contramobilidade, proteção e ao apoio geral de engenharia. Estas atividades visam a multiplicar o poder de combate das forças amigas e a destruir, neutralizar ou diminuir o poder de combate inimigo, propiciando a conquista e a manutenção dos objetivos estabelecidos.

1.2.2 A construção, bem como a manutenção das instalações de campanha, insere-se em uma das tradicionais missões afetas à Arma de Engenharia, que tem por objetivo a proteção da tropa, do material bélico e de suprimentos de todas as classes.

1.2.3 Dentre os trabalhos técnicos de instalações, destacam-se os estacionamentos de tropas, instalações de comando, instalações logísticas e administrativas, hospitais, depósitos, oficinas, oleodutos, campos de pouso, ancoradouros e terminais.

1.2.4 Pela grande importância de que se reveste o assunto, torna-se necessária a existência de uma fonte de informações e consultas comuns para a tropa, padronizando conhecimentos e procedimentos, voltados para os elementos responsáveis pela coordenação e execução dos trabalhos.

1.3 OBJETIVO

1.3.1 O objetivo deste manual é apresentar os trabalhos técnicos de instalações a serem executados pelas organizações militares de engenharia, nos escalões Brigada (Bda), Divisão de Exército (DE) e Corpo de Exército (C Ex).

1.4 RESPONSABILIDADES

1.4.1 As tropas de engenharia são responsáveis por todas as construções militares na ZC, exceto as comunicações e os trabalhos de organização do terreno (OT), estes últimos de responsabilidade de todas as armas, serviços e quadros. Assim, guarda a responsabilidade pela conservação e reparação das instalações militares e pela operação dos serviços necessários a essas instalações (água, luz, esgotos, dentre outros).

1.4.2 Como assessor técnico do comandante, o engenheiro deve, a qualquer momento, estar em condições de informá-lo sobre a capacidade e condições de utilização das instalações e sobre os meios necessários à execução dos trabalhos. Para isso, deve acionar os reconhecimentos cabíveis.

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS GERAIS

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

2.1.1 Os trabalhos de engenharia na construção, bem como na recuperação de instalações, podem ser realizados em situações de guerra e de não guerra.

2.1.2 Em situações de não guerra, as tropas de engenharia cooperam com o desenvolvimento nacional e o bem-estar social, realizando projetos, obras e assistência técnica em patrimônio imobiliário e meio ambiente, em atendimento aos órgãos federais, estaduais, municipais e, excepcionalmente, à iniciativa privada, além de atendimento à população nas ações de defesa civil.

2.1.3 Por outro lado, em situações de guerra, as tropas de engenharia devem apoiar a F Ter na aplicação do poder militar em sua mais tradicional missão, a defesa da pátria. Este apoio de engenharia abrange as tarefas que estabelecem e mantêm a infraestrutura necessária para conduzir e sustentar operações militares.

2.1.4 Os trabalhos técnicos de instalações estão dentro do escopo das atividades de apoio geral de engenharia (Ap G Eng) e de proteção. Entende-se como Ap G Eng o conjunto de tarefas que modificam ou complementam o ambiente físico da ZC, proporcionando a infraestrutura necessária para as operações militares, principalmente quanto à manutenção do fluxo logístico, ao apoio de fogo e ao sistema de comando e controle.

2.1.5 O apoio à proteção é o conjunto de tarefas que têm por objetivo reduzir ou anular os efeitos das ações do inimigo e das intempéries sobre a tropa e o material, proporcionando abrigo, segurança e bem-estar; e ampliar a capacidade de sobrevivência das forças em campanha, prestando assistência às tropas em combate ou realizando trabalhos de fortificações, camuflagem e instalações que aumentem o valor defensivo das posições.

2.1.6 Outro aspecto dos trabalhos técnicos de instalações é a sua diversificação, ao envolver construções horizontais e verticais, além de englobar inúmeras capacidades especializadas.

2.2 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

2.2.1 Para o planejamento e execução dos trabalhos de instalações, o princípio de emprego da utilização imediata, da progressividade e da durabilidade dos trabalhos destacam-se dentre as demais. Ressalta-se, ainda, a máxima utilização dos recursos locais.

2.2.2 Entende-se por durabilidade dos trabalhos a influência dos serviços que permanecem no desenvolvimento da manobra. Por isso, ao se decidir pela realização de um trabalho de Engenharia, devem ser consideradas as suas consequências nas operações futuras. Por outro lado, a progressividade dos trabalhos é o emprego na execução dos trabalhos mínimos necessários ao escalão (Esc) a que pertence ou apoia, cabendo à Engenharia do escalão superior melhorá-los ou ampliá-los, de acordo com as necessidades.

2.3 CONSIDERAÇÕES AMBIENTAIS

2.3.1 O planejamento das instalações militares depende de uma série de fatores, como o tipo de operação, sua duração, o efetivo do contingente, a geografia ou a localização, o envolvimento de outras forças militares, as contribuições de outras organizações *etc.*

2.3.2 A presença do responsável de meio ambiente é importante à medida que avança o planejamento das instalações militares. Ele ajudará a inserir aspectos de proteção ambiental e sanitária, considerando as limitações de recursos e as características da operação militar.

2.3.3 Os principais critérios ambientais a serem considerados no planejamento das instalações militares são: condições de saneamento das áreas; disposição das áreas com risco de poluição (por exemplo, áreas com armazenamento de materiais perigosos, tanques de combustíveis, geradores, instalações centrais de armazenamento de resíduos sólidos) distante das áreas de alojamento; proteção de fontes e infraestrutura de água potável localizadas dentro das instalações; controle da drenagem e erosão; previsão de instalações sanitárias; proteção de recursos naturais e culturais, incluindo ambientes ecologicamente sensíveis e sítios arqueológicos; disposição das fontes geradoras de ruídos distante das áreas de alojamento; atividades circunvizinhas que podem afetar ou ser afetadas pelas instalações (por exemplo, áreas de captação de água à jusante); capacidade de recuperação ambiental da área; características topográficas, hidrológicas e geológicas; aspectos climáticos e sazonais; usos anteriores na área de estudo e circunvizinhas; sinais evidentes de contaminação ambiental; risco de doenças transmissíveis por vetores; existência de material bélico não detonado; e impeditivos legais, inclusive crimes ambientais.

2.4 FATORES CRÍTICOS

2.4.1 A utilização de infraestruturas civis, em aproveitamento das instalações já existentes na ZC, é um aspecto a ser observado pelo engenheiro, podendo gerar impactos positivos no sucesso da missão em todos os níveis.

2.4.2 Para conduzir o reconhecimento e a avaliação de infraestrutura civil, bem como, assessorar sobre quais instalações podem ser recuperadas, o engenheiro deve levar em conta as imposições da célula de assuntos civis do escalão apoiado.

2.4.3 No reconhecimento, alguns fatores críticos devem ser observados por ocasião da seleção de infraestruturas civis a serem mantidas e reaproveitadas como instalações das tropas na ZC como: recursos naturais existentes, meios a serem empregados nas operações, número de dias de suprimento a serem estocados na área operacional, condições climáticas da área operacional, exigências de proteção da força (por exemplo, antiterrorismo/antinuclear), proximidade às linhas de comunicação, restrições ambientais, existência de construções religiosas e históricas e recursos naturais sensíveis, outros requisitos de segurança (por exemplo, construções religiosas, distâncias de explosivos, afastamentos de aeroportos).

2.4.4 O reconhecimento oportuno e eficaz do engenheiro é essencial para o planejamento e a execução eficiente das tarefas. O reconhecimento especializado de engenharia é, desta maneira, uma atividade essencial.

2.5 TIPOS DE INSTALAÇÕES

2.5.1 São exemplos de instalações gerais de engenharia: abrigos, armazéns, terminais, hospitais, instalações de água e energia elétrica, instalações sanitárias e ambientais, instalações de armazenamento e distribuição de combustível. A seguir, serão apresentados alguns conceitos e definições das principais instalações construídas pela engenharia na ZC.

2.5.2 AERÓDROMOS, HELIPORTOS E HELIPONTOS

2.5.2.1 Definições e Conceitos

2.5.2.1.1 Aeródromo é qualquer superfície terrestre ou aquática, que possua infraestrutura destinada à aterragem, à decolagem e à movimentação de aeronaves, possuindo um mínimo de instalações de apoio à atividade.

2.5.2.1.2 Heliporto é um aeródromo, destinado exclusivamente às operações de aterragem, decolagem e movimentação mínima de helicópteros.

2.5.2.1.3 Heliporto é um local equipado com instalações e facilidades com objetivo de apoiar as operações dos helicópteros e auxiliar no embarque e desembarque de pessoas e cargas.

2.5.2.2 Finalidades

2.5.2.2.1 Os heliportos, helipontos e campos de pouso, no teatro de operações (TO), são prioritariamente utilizados para evacuação aeromédica, com o intuito

de realizar o transporte de feridos, evacuando-os do TO, podendo, em caso de necessidade, serem utilizados, também, para entrega e apanha de material.

2.5.2.3 Classificações

2.5.2.3.1 Os aeródromos podem ser classificados em militares, quando vocacionado ao uso específico em operações e atividades militares; e civis, quando destinados ao uso de aeronaves civis.

2.5.2.3.2 Helipontos podem ser classificados de acordo com sua finalidade, utilizando-se letras específicas:

- a) heliponto H = heliponto público – civil, destinado ao uso de helicópteros em geral, liberado para uso comercial;
- b) heliponto P = heliponto privado – civil, destinado ao uso de helicópteros de seu proprietário ou de pessoas por ele autorizadas, sendo vedada sua utilização em caráter comercial;
- c) heliponto + = heliponto hospitalar – é destinado ao uso em hospitais;
- d) heliponto M = heliponto militar – é destinado ao uso de helicópteros militares; e
- e) heliponto com número – heliponto de emergência, ou área de emergência para pousos de emergência, marcado com qualquer número nele.

2.5.2.3.3 Os heliportos podem possuir áreas de taxiamento, pátios para movimentação das aeronaves, terminais para passageiros e para o corpo de bombeiros, entre outros tipos de instalação que sigam a finalidade de prestar suporte às aeronaves e pessoas circulantes.

2.6 INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS

2.6.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

2.6.1.1 As instalações logísticas são caracterizadas como construções que buscam atender aos requisitos básicos que permitam a realização do apoio logístico aos elementos apoiados, podendo ser construídas tanto na ZC como também na zona de administração (ZA).

2.6.2 CLASSIFICAÇÕES

2.6.2.1 As principais instalações logísticas previstas para serem construídas na ZC, são as seguintes: posto de remuniamento, posto de socorro, área de manutenção de viaturas e armamentos, áreas de cozinhas, postos de coleta de mortos, postos de distribuição de suprimento (diversas classes), área de estacionamento de viaturas, posto de coleta de salvados, agência postal, posto de banho, área de depósito de resíduos, dentre outras.

2.6.3 ASPECTOS GERAIS

2.6.3.1 Posto de remuniciamento – deve ser uma construção provisória e simples, localizada próximo à estrada.

2.6.3.2 Posto de socorro – deve ser construído próximo ao posto de comando do batalhão (PC Btl) e perto de ponto de água. Além disso, deve estar relativamente próximo às SU e ser de fácil acesso.

2.6.3.3 Área de manutenção de viaturas e armamentos – o local deve ser coberto, próximo ao ponto de água e em um terreno plano. O seu acesso deve ser eixado com a manobra e possuir uma dispersão de pelo menos 10 m por viatura e/ou equipamento.

2.6.3.4 Área de cozinhas – o local da cozinha deve ser coberto, ter proximidade de água, ser de fácil acesso e espaço suficiente para as atividades de rancho.

2.6.3.5 Posto de coleta de mortos – deve ser um local mais à retaguarda possível, longe das vistas das tropas e próximo à estrada principal de suprimento (EPS).

2.6.3.6 Posto de distribuição de suprimento – deve ter facilidade de acesso à EPS, situar-se em um local coberto e em solo firme e plano.

2.6.3.7 Área de estacionamento de viatura – o local deve ser plano, próximo à EPS e camuflado. Deve ser previsto um espaçamento mínimo de 50 m entre as viaturas e/ou equipamentos.

2.6.3.8 Posto de coleta de salvados – o local previsto deve ficar próximo ao posto de coletas de mortos e deve possuir espaço suficiente para o acondicionamento do material salvado.

2.6.3.9 Posto de banho – esta instalação tem por objetivo contribuir para a higidez e disciplina da tropa, bem como para a capacidade desta de durar na ação. Em princípio, deve estar localizado nas áreas de grande concentração de tropa ou de instalações logísticas, principalmente, nas áreas de repouso e de recuperação.

2.6.4 FINALIDADES

2.6.4.1 As instalações logísticas têm como finalidade servir de apoio para as diversas organizações militares no TO. Essas construções podem estar tanto na ZC, quanto na ZA. Cabe ao elemento apoiado definir o local das construções, bem como, seu funcionamento.

2.7 INSTALAÇÕES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

2.7.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

2.7.1.1 Um sistema de abastecimento de água pode ser entendido como o conjunto de infraestruturas, equipamentos e serviços com objetivo de tratar e distribuir água potável para o consumo humano, bem como para o consumo industrial, comercial, dentre outros usos. Sendo assim, o sistema de abastecimento de água convencional é composto por três etapas principais que garantem a disponibilidade de água potável. Na captação, a água encontrada na natureza (rios, lagos, reservatórios) é retirada e direcionada a uma Estação de Tratamento de Água (ETA), onde são removidas impurezas para que a água se torne potável. A partir de então, a água pode seguir para as redes de distribuição, em que os consumidores são conectados por meio de ligações e recebem a água pronta para o consumo.

2.7.2 CLASSIFICAÇÕES

2.7.2.1 As classificações do abastecimento de água podem ser:

- a) captação – o processo de captação de água é feito em qualquer fonte disponível e, se possível, nos locais onde a mesma apresentar qualidade adequada. Desse modo, pode-se utilizar como fonte as águas superficiais que envolvem rios, lagos, córregos, águas subterrâneas, água de chuva *etc.*;
- b) adução – o processo de bombeamento consiste no transporte da água até a estação de tratamento. Pode ser feito por gravidade ou com a utilização de bombas;
- c) tratamento – o processo de tratamento da água exige cuidados técnicos e especializados. Com efeito, nessa etapa será adicionado cloro e a água passará pelo processo de coagulação, floculação, decantação e filtragem;
- d) reservação – após a água ser tratada, ela necessita ser distribuída para os locais em que será consumida. Dessa maneira, haverá a necessidade de se possuir um reservatório de água para que possa acondicioná-la da melhor maneira; e
- e) distribuição – o processo de distribuição de água corresponde à saída da água do reservatório até o local onde será consumida.

2.8 INSTALAÇÕES DE ESGOTO

2.8.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

2.8.1.1 As instalações de esgotos no TO diferenciam-se das instalações comuns pela simplicidade e por não serem definitivas. Essas instalações podem ser aprimoradas se instaladas na ZA. Ademais, o principal foco é possibilitar a construção de instalações de esgoto que atendam à tropa somente ao longo do tempo em que ela estiver utilizando tais instalações.

2.8.2 Os requisitos básicos são: rápido escoamento de despejos e fácil desobstrução, vedação de passagem de gases para o interior das edificações, impedir a contaminação da água potável e gêneros alimentícios e impossibilitar o acesso de corpo estranho ao interior do sistema.

2.8.3 ASPECTOS GERAIS

2.8.3.1 O sistema de esgoto tem como função conduzir os despejos produzidos a um destino apropriado. Nesse contexto, o sistema de esgotos deve compreender a captação de toda a água utilizada e conduzi-la de maneira apropriada até a estação de tratamento, mitigando o seu lançamento inadequado à natureza.

2.9 TRATAMENTO DE ESGOTO

2.9.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

2.9.1.1 Após o consumo em atividades domésticas, a água incorpora impurezas de diversas naturezas, muitas delas nocivas ao ser humano e ao ambiente, caracterizando o que é conhecido como esgoto sanitário. O tratamento de esgoto é uma medida de saneamento básico que tem como função realizar a purificação da água antes de ser despejada no meio ambiente. Essa medida visa a mitigar a proliferação e o contágio de doenças, viabilizando a proteção da saúde humana.

2.9.2 PROCESSOS DE TRATAMENTO

2.9.2.1 São processos de tratamento:

- a) gradeamento – o objetivo do processo de gradeamento é reter os sólidos grosseiros, deixando a água mais fluida;
- b) desarenação – a finalidade do processo de desarenação é conduzir a água para caixas de areia, com a intenção de eliminar os resíduos maiores que, porventura, tenham passado no processo anterior;
- c) tratamento biológico – nesta etapa do processo, são adicionadas substâncias que têm a finalidade de realizar adequação do efluente para as etapas seguintes; e
- d) decantação – neste processo, com adição de substâncias químicas lançadas anteriormente, as impurezas geradas, por serem mais pesadas, vão para o fundo do tanque, deixando a água do esgoto tratada.

2.9.3 ASPECTOS GERAIS

2.9.3.1 A falta de tratamento de esgoto para atender às necessidades humanas influi para diminuir a moral da tropa, bem como, na disseminação de doenças infecciosas e na depreciação do poder de combate.

2.10 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

2.10.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

2.10.1.1 As instalações elétricas são um conjunto de componentes elétricos constituídos por condutores elétricos e aparelhos de ligação comuns que visam ao funcionamento de um circuito. A segurança elétrica é um fator importante e deve obedecer a parâmetros de segurança, a fim de evitar que ocorram problemas nas redes elétricas, garantindo segurança aos seus usuários.

2.10.2 CLASSIFICAÇÕES

2.10.2.1 As instalações elétricas podem ser divididas em prediais, comerciais e industriais. Neste manual, serão abordados os conceitos das instalações elétricas prediais e residenciais.

2.10.2.2 As instalações elétricas residenciais e prediais são compostas, basicamente, por um conjunto de tomadas, lâmpadas, interruptores e dispositivos de segurança às instalações, como disjuntores.

2.10.2.3 A distribuição caracteriza-se como o segmento do setor elétrico dedicado ao rebaixamento da tensão proveniente do sistema de transmissão, à conexão de centrais geradoras e ao fornecimento de energia elétrica ao consumidor.

2.10.2.4 O sistema de distribuição é composto pela rede elétrica e pelo conjunto de instalações e equipamentos elétricos que operam em níveis de alta tensão (superior a 69 kV e inferior a 230 kV), média tensão (superior a 1 kV e inferior a 69 kV) e baixa tensão (igual ou inferior a 1 kV).

2.10.3 ASPECTOS GERAIS

2.10.3.1 Diversos fatores podem contribuir para aumentar a ocorrência de problemas em uma instalação elétrica. A utilização de materiais e equipamentos velhos, a inexistência de manutenções nas redes e circuitos, utilização de produtos e materiais elétricos de pouca qualidade e confecção de projetos elétricos errados.

2.11 ACANTONAMENTOS

2.11.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

2.11.1.1 Os acantonamentos militares são instalações provisórias de estruturas simples e destinados ao alojamento de pessoal. Podem ser utilizados, também, para o comando, administração, rancho, alojamento, almoxarifado, enfermaria,

dentre outros. A ocupação das instalações existentes deve obedecer às necessidades impositivas do TO.

2.11.2 CLASSIFICAÇÕES

2.11.2.1 Os acantonamentos podem ser classificados em:

- a) pavilhões pré-fabricados – empregam-se nestas construções materiais já moldados, cortados, perfurados ajustados e em alguns casos, já parcialmente montados;
- b) pavilhões improvisados – quando não se dispuser dos materiais especificados, deve-se providenciar sua substituição, improvisando o que for necessário, mediante exploração dos recursos locais; e
- c) pavilhões padronizados – são construções com projeto especificado, de modo a permitir sua execução em série. Tem por finalidade aumentar o grau de produtividade e facilitar sua execução.

2.11.3 ASPECTOS GERAIS

2.11.3.1 O estacionamento da tropa varia com o tempo de permanência previsto e com a situação tática existente. Quando não existe a previsão de emprego imediato, procura-se dar à tropa as melhores condições possíveis de conforto e bem-estar utilizando-se, para esse fim, as instalações existentes e, na falta destas, as instalações semipermanentes.

2.12 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

2.12.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

2.12.1.1 Os materiais de construção são insumos utilizados para construção e reformas de casas, prédios e instalações, dentre outras obras. Esses materiais podem ser obtidos da natureza ou por intermédio de processos físicos, químicos e industriais. Esses materiais requerem cuidados quanto aos seus armazenamentos, devendo estar em constantes vistorias para que não percam as suas qualidades.

2.12.2 CLASSIFICAÇÕES

2.12.2.1 Os materiais de construção podem ser classificados quanto à origem e à função a que se destinam. Quanto ao seu modo de obtenção podem ser divididos em:

- a) naturais – são aqueles materiais que podem ser facilmente encontrados na natureza como a areia, pedra *etc.*;
- b) artificiais – são obtidos por intermédios de processos químicos e industriais como a telha, o tijolo e o aço; e

c) combinados – são obtidos através da combinação de materiais naturais com os artificiais, como o concreto.

2.12.2.2 Quanto à função a que se destinam, podem ser classificados como:

- a) materiais de proteção destinados a resguardar a vida útil da construção;
- b) materiais de vedação que têm como função basilar o isolamento do ambiente a que se constrói; e
- c) materiais de função estrutural que são destinados a suportar os esforços atuantes nas estruturas.

2.12.3 ASPECTOS GERAIS

2.12.3.1 A escolha da qualidade dos materiais para a construção e manutenção das obras é de vital importância para a preservação e a integridade das construções. Outrossim, a aplicabilidade inadequada pode ocasionar diversos problemas patológicos nas edificações, acarretando a diminuição da vida útil das instalações. O controle, o acompanhamento e o monitoramento das obras são imprescindíveis para o êxito quanto às construções e instalações.

2.13 RESÍDUOS SÓLIDOS

2.13.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

2.13.1.1 Resíduos sólidos são resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou cursos de água, ou exijam para isso soluções, técnica e economicamente inviáveis, em face a melhor tecnologia disponível.

2.13.2 CLASSIFICAÇÕES

2.13.2.1 Os resíduos sólidos podem ser classificados em:

a) resíduos perigosos:

- classe I são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais como: restos de tinta (são inflamáveis, podem ser tóxicas); material hospitalar (são patogênicos); produtos químicos (podem ser tóxicos, reativos ou corrosivos); produtos radioativos; lâmpadas fluorescentes; pilhas e baterias (têm vários metais em sua composição que podem ser corrosivos, reativos e tóxicos dependendo do ambiente). Os resíduos perigosos possuem as seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

b) resíduos não perigosos:

- classe II A não inertes são aqueles que não se apresentam como inflamáveis, corrosivos, tóxicos, patogênicos, e nem possuem tendência a sofrer uma reação química. Os materiais desta classe podem apresentar propriedades biodegradáveis, comburentes ou solúveis em água; e
- classe II B inerte é composto por um tipo de material em que não ocorreram transformações físicas, químicas ou biológicas, mantendo-se inalterados por um longo período de tempo como: entulhos de demolição, pedras, areia e sucata de ferro. Esses materiais possuem a característica de não se decompor e sofrer qualquer alteração em sua composição com o passar do tempo.

2.13.3 ASPECTOS GERAIS

2.13.3.1 O gerenciamento dos resíduos deve ser conduzido de forma adequada e seguindo as normas legais aplicáveis aos locais de armazenamento.

2.13.3.2 Os resíduos classificados como perigosos, ou pertencentes à classe I, não devem ser armazenados com os demais resíduos classificados como não perigosos. Essas instalações devem atender aos níveis básicos de saneamento, objetivando não oferecer riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

CAPÍTULO III

AERÓDROMOS, PISTAS DE POUSO, HELIPONTOS, HELIPORTOS E ZONAS DE POUSO DE HELICÓPTEROS

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

3.1.1 A construção de aeródromos para o emprego por aeronaves militares de asa fixa, na ZC, depende de informações técnicas exclusivas e classificadas da Força Aérea Brasileira (FAB). Em situação de guerra, a Força Terrestre Componente (FTC) encontra dificuldade em obter os meios necessários e convenientes, para, em curto prazo, realizar a construção de aeródromos. No entanto, é possível a construção de pistas de pouso de uso emergencial e temporário, visando atender às demandas que a situação de combate exigir.

3.1.2 A doutrina militar expressa que determinados tipos de aeronaves de asa fixa e de emprego estratégico se baseiam na ZA e cumprem missões de ataque na ZC, retornando à origem. Por sua vez, as aeronaves de asa fixa voltadas para o transporte de cargas e de pessoal, de reconhecimento e de missões diversas, são usuais na ZC operando em prol da manobra das forças componentes (F Cte) envolvidas na zona de ação (Z Aç) considerada.

3.1.3 Não serão abordados, neste capítulo, detalhamentos técnicos como ventos, altitude, temperatura, geometria, nível do mar e outras informações fundamentais para a construção de aeródromos em situação de paz.

3.2 DEFINIÇÕES

3.2.1 Aeródromo é toda área destinada a pouso, decolagem e movimentação de aeronaves. Os aeródromos podem ser classificados em civis (quando destinados ao uso de aeronaves civis) e militares (quando destinados ao uso de aeronaves militares). Aeródromos civis são subdivididos em públicos e privados.

3.2.2 Aeroportos são os aeródromos públicos dotados de instalações e facilidades para apoio às operações de aeronaves, além do embarque e desembarque de pessoas e cargas.

3.2.3 Pista de pouso e decolagem é uma área plana de asfalto, concreto, terra, grama ou pedra, designada ao pouso e decolagens de aeronaves de asa fixa.

3.2.4 Zona de Pouso de Helicópteros (ZPH) é qualquer área destinada às operações de pouso e decolagem de aeronaves de asas rotativas, mesmo que tais áreas não tenham todos os padrões necessários à operação.

3.2.5 Helipontos são os aeródromos destinados exclusivamente a helicópteros.

3.2.6 Heliportos são os helipontos dotados de instalações e facilidades para apoio de operações a helicópteros e de embarque e desembarque de pessoas e cargas.

3.2.7 Pouso e Aterrissagem são sinônimos.

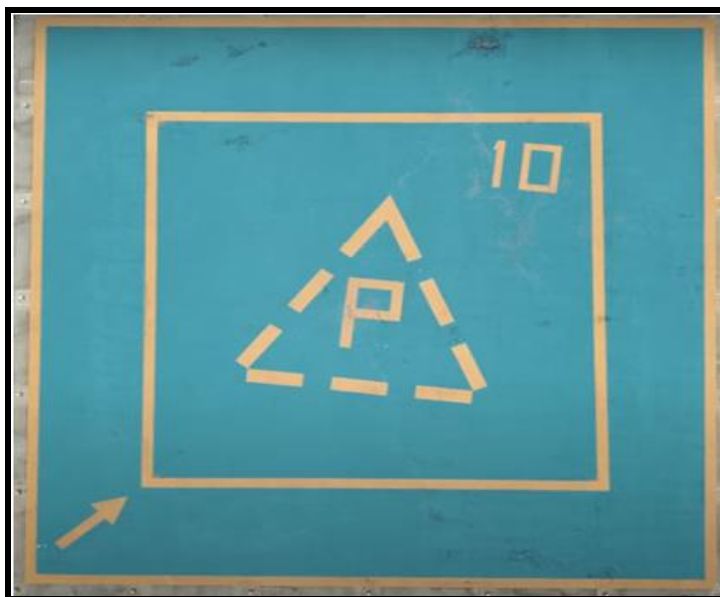


Fig 3-1 – Exemplo de heliponto



Fig 3-3 – Detalhes de um heliponto

3.4 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE UMA ZONA DE POUSO DE HELICÓPTEROS EM COMBATE

3.4.1 A diferença entre um heliponto e uma ZPH é que o heliponto é homologado oficialmente e a ZPH não é homologada. No entanto, em situação de combate, a tropa tem que utilizar os meios disponíveis para construir a ZPH, sem observar pormenores técnicos seguidos em tempo de paz.

3.4.2 Em guerra, nem sempre teremos à disposição o maquinário e insumos para identificar corretamente uma ZPH. No entanto, há muitas situações em que é necessário o pouso de aeronaves de asa rotativa na frente de combate. E, nessas ocasiões, a tropa de Engenharia constrói uma ZPH, de acordo com a situação.

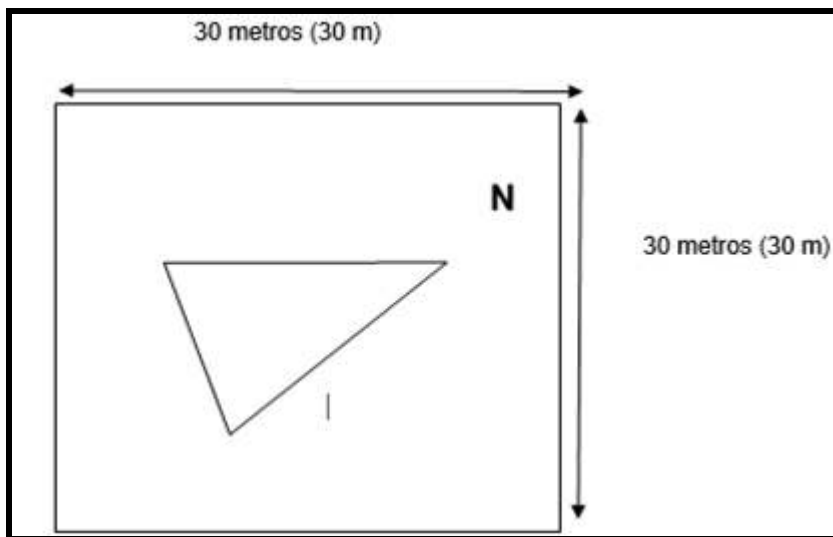


Fig 3-4 – Esboço básico de uma ZPH em combate

3.4.3 Basicamente, uma ZPH é a área onde pousa e decola a aeronave de asa rotativa, em área de combate. As dimensões dos lados da ZPH variam conforme as dimensões da aeronave a utilizar. No entanto, as medidas de 30 metros atendem a todas as aeronaves de asa rotativa de emprego militar disponíveis no Brasil.

3.4.4 Deve-se identificar um triângulo ou três pontos posicionados em forma de triângulo, bem visível de dia (com cores adequadas ou outros meios) e, à noite, com sistema de iluminação e com área compatível com o quadrado delimitado.

3.4.5 A delimitação do quadrado e do triângulo devem oferecer boa visualização ao piloto durante a operação de pousar a aeronave.

3.4.6 Deve-se construir a ZPH contra os ventos dominantes. Para pousos e decolagens noturnas é imprescindível que a área de toque (local onde efetivamente a aeronave toca o solo no pouso) esteja iluminada. Caso não existam refletores, pode-se apontar o farol alto de um veículo sempre no sentido contrário ao vento, pois será o sentido de onde o helicóptero se aproximará para pousar. Ou seja, os faróis devem estar voltados para o local do pouso e não para a aeronave. Jamais apontar os faróis a favor do vento!

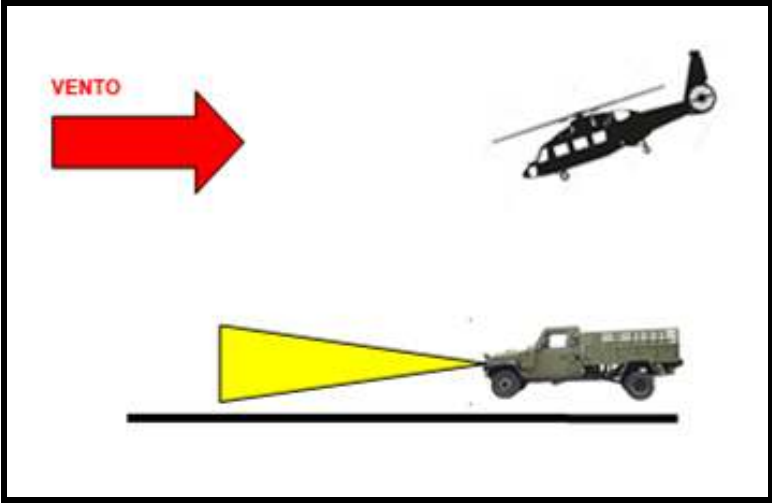


Fig 3-5 – Esboço de pouso noturno em ZPH

3.4.7 Para identificar a direção e velocidade do vento, utiliza-se uma biruta e, na falta desta, usa-se uma bandeira.



Fig 3-6 – Meios para identificar a velocidade e a direção dos ventos

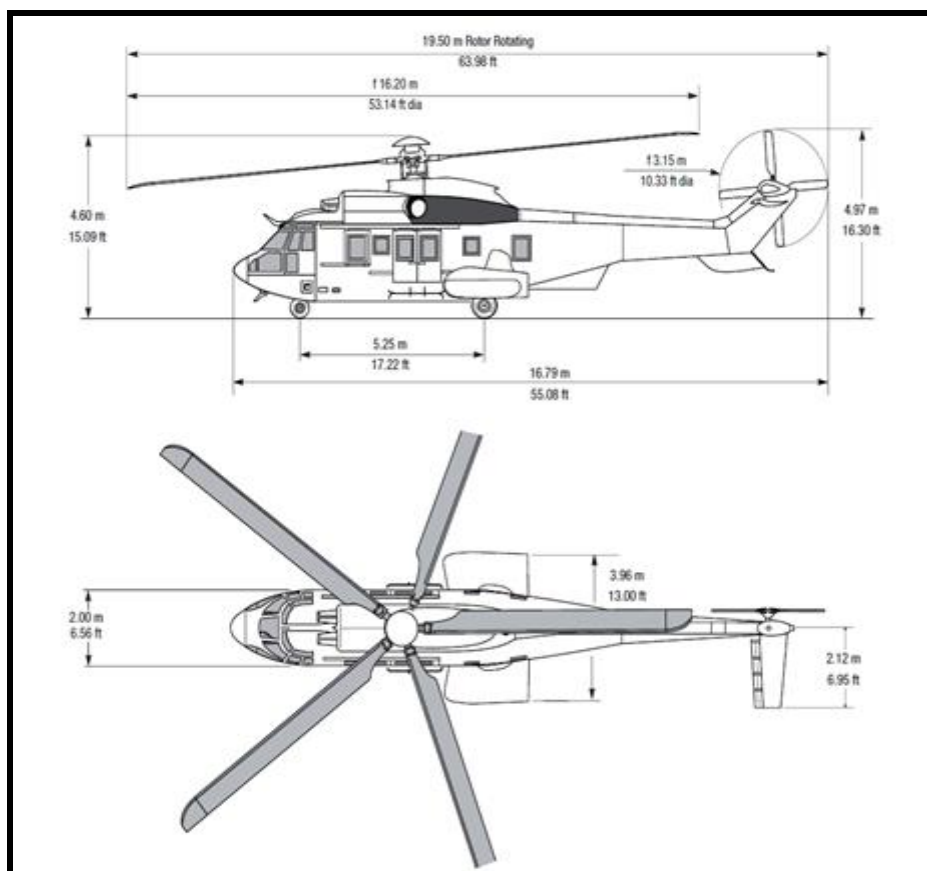


Fig 3-7 – Exemplo de dimensões de um helicóptero militar (H225M)

3.5 CUIDADOS NA MONTAGEM DE UMA ZONA DE POUSO DE HELICÓPTEROS

3.5.1 Uma ZPH, mesmo em guerra, deve possuir algumas características indispensáveis à segurança dos envolvidos.

3.5.1.1 Piso – a construção do piso pode ser de asfalto, concreto ou terra batida. Caso a ZPH seja construída em área de retaguarda (A Rtgd), há oportunidade de se obter os insumos necessários e os respectivos projetos com os engenheiros. No entanto, na linha de frente da ZC, não é provável a disponibilidade de massa asfáltica, equipamentos de terraplenagem de grande porte ou de concreto. Nessa situação, é adequada a construção em terreno de terra batida, muito bem compactada e umedecida para evitar poeira em excesso, o que pode causar pane nos sistemas da aeronave. É essencial que a ZPH esteja totalmente nivelada em relação ao solo.

3.5.1.2 Ausência de objetos – deve-se tomar todo o cuidado para não permitir que haja objetos soltos ou móveis como barracas e redes de camuflagem na ZPH ou próximo, bem como a área deve estar isolada e distante de edificações, árvores, rede elétrica ou qualquer coisa que possa vir a voar com o movimento das hélices das aeronaves, causando acidentes graves e fatais.

3.5.1.3 Indicador do vento – é o uso correto da biruta ou bandeira ou outro meio possível. Estes instrumentos devem estar localizados nos limites da ZPH, sendo de fácil observação para o piloto e para os militares que irão orientar o pouso.

3.5.1.4 Iluminação adequada – em pouso diurno, deve-se utilizar cores fortes e bem definidas para fácil identificação visual por parte dos pilotos, caso a situação tática permita. Em pouso noturno, pode-se utilizar os sistemas de iluminação com os faróis de viatura como meio de fortuna (Fig 3-5).

3.6 LOCAIS DE POUSO E DECOLAGEM DE HELICÓPTEROS

3.6.1 Os locais destinados à pouso e decolagem devidamente regulamentados são os aeródromos e aeroportos, helipontos e heliportos. Na operação de aeronaves de asas rotativas da Aviação do Exército, tem-se a prerrogativa de pousos e decolagens em áreas não regulamentadas, sob a responsabilidade do piloto em comando.

3.6.2 A participação dos militares em solo na seleção e isolamento da área de pouso é de grande valia. A área não homologada selecionada para pouso e decolagem de helicópteros deve, preferencialmente, ter as seguintes características:

- a) possuir dimensões compatíveis com o tipo e a quantidade de helicópteros previstos a utilizar a respectiva área de forma simultânea;
- b) estar livre de obstáculos elevados nas trajetórias de aproximação e decolagem (fios de alta e baixa tensão, antenas, edificações elevadas, dentre outras);
- c) ser nivelada (pouca inclinação);
- d) possuir vegetação rasteira; e
- e) estar livre de partículas soltas (areia, terra, cinzas ou pedras), telhados, toldos e barracas que, em função do deslocamento de ar provocado pelo rotor, possam levar à perda de visibilidade dos pilotos devido à suspensão de partículas ou ao arremesso dessas partículas e estruturas, causando danos em objetos e/ou pessoas nas proximidades da área de pouso ou na própria aeronave.

3.6.3 Tipos de aproximação – existem três tipos de aproximação para pouso e decolagem, sendo elas:

- a) livre – considera-se livre a ZPH que não possui obstáculos no seu interior e

nas proximidades, de forma a permitir o pouso e a decolagem livre;

b) normal – considera-se normal a ZPH que possua, pelo menos, um setor livre de obstáculos de forma a permitir uma aproximação e decolagem normal de um helicóptero; e

c) restrita – considera-se restrita a ZPH cercada de obstáculos que obrigue o helicóptero a uma aproximação, pouso e decolagem cautelosos.

3.7 RECONHECIMENTO DOS LOCAIS DE POUSO

3.7.1 TIPOS DE RECONHECIMENTO

3.7.1.1 Há três tipos de reconhecimentos usuais para escolha de locais favoráveis a aeródromos e heliportos: reconhecimento na carta, aéreo e terrestre. Os três tipos de reconhecimentos, executados em conjunto, constituem o reconhecimento misto.

3.7.1.2 Reconhecimento na carta é feito um estudo prévio para serem determinadas as áreas mais favoráveis, nas vizinhanças de unidade apoiada: o tipo de topografia do terreno e as estradas de acesso.

3.7.1.3 Reconhecimento aéreo é feito após o reconhecimento nas cartas. O reconhecimento aéreo sozinho é normalmente incompleto e necessita que seja seguido do reconhecimento terrestre. Ele pode ser suficiente, se houver bastante tempo disponível ou se as áreas para pouso forem facilmente identificadas, no caso de terreno favorável.

3.7.1.4 Reconhecimento terrestre é feito para serem determinadas a natureza e as condições da superfície do terreno. É selecionada a localização exata para as instalações (acantonamentos, abastecimento, manutenção *etc.*). Por si só não é inteiramente satisfatório, mas às vezes, o reconhecimento aéreo não pode ser feito, especialmente durante períodos de pouca visibilidade ou em área de combate.

3.7.1.5 Reconhecimento misto é composto dos reconhecimentos na carta, aéreo e terrestre, deve ser feito sempre que possível. Este tipo de reconhecimento deve ser escolhido quando há tempo suficiente e as condições meteorológicas e a situação tática permitirem.

3.8 ESCOLHA DO LOCAL

3.8.1 Os aspectos abaixo são importantes na escolha do local para um aeródromo:

a) facilidade de acesso – haverá sempre vantagens em situar o aeródromo em local já servido por estradas que permitam fácil acesso e suprimento;

- b) restrições (obstáculos) – é desejável encontrar um local livre de obstáculos, para toda a área aeródromo ou da ZPH. A remoção de obstáculos como torres, chaminé e árvores poderá ser necessária;
- c) condições meteorológicas – o vento, a chuva, a neblina, a neve e o gelo são fatores a considerar na escolha do local do campo de pouso, porque, isolados ou em conjunto, poderão atrasar a construção, causar danos ou restringir a utilização operacional do local. Os dados meteorológicos frequentemente são de difícil obtenção. São raras as vezes em que um determinado local possui registros extensos de observações meteorológicas;
- d) ventos – os dados ideais sobre os ventos devem conter a direção e a intensidade dos ventos predominantes; direção, intensidade e frequência dos ventos tempestuosos;
- e) precipitações pluviométricas – os dados devem incluir a precipitação média mensal, os dias prováveis das chuvas iniciais que poderão afetar a construção; a duração da estação chuvosa e outros dados como intensidade, duração e frequência de precipitação;
- f) neve – devem ser obtidos dados sobre a neve, tais como a época da ocorrência, os prováveis períodos de congelamento, degelo e intensidade;
- g) temperatura, pressão e neblina – devem ser obtidos dados sobre as variações da temperatura, pressão e os locais de neblina e nuvens baixas;
- h) condições hidrológicas – estão incluídas como condições hidrológicas os níveis dos lençóis freáticos e suas variações nas estações, as características das enchentes, dos cursos de águas vizinhos ao local e o movimento das marés nas costas, se for o caso. O reconhecimento feito durante a estação seca, a menos que se tenha muito cuidado, poderá conduzir a enganos;
- i) relevo – um local de aeródromo ou ZPH com relevo favorável é aquele que se encontra em terreno elevado, com suficiente inclinação para escoamento transversal e longitudinal das águas; deve ter uma superfície razoavelmente plana que requeira pouco movimento de terra. Quando houver necessidade de ser feita uma escolha entre um local de relevo movimentado, bem drenado e outro plano, mas úmido, deve ser feito um estudo comparativo de tempo e trabalhos para a construção, bem como prever-se qual a época em que o campo será utilizado;
- j) características do solo e natureza do subleito – as características do solo, no local, determinam a necessidade de estabilização ou pavimentação da área. A poeira excessiva poderá prejudicar as operações de pouso e decolagem e, também, o desempenho das aeronaves. As características do solo também determinam se a camada de revestimento poderá ser construída diretamente sobre o subleito preparado ou se haverá necessidade de interposição de uma camada base;
- k) vegetação – as considerações fundamentais, com relação à vegetação, prendem-se ao montante do desmatamento, destocamento e retirada das raízes; daí serem necessários dados sobre a densidade dos diversos bosques e a natureza dos sistemas de raízes das árvores;
- l) disponibilidade de materiais – quando houver necessidade de ser construída uma camada da base para a pista de pouso, pista de rolamento, áreas de

estacionamento e estradas, haverá utilização de grande quantidade de materiais de jazidas próximas. O reconhecimento deve incluir o estudo de jazidas, fornecendo dados sobre volumes e características dos materiais;

m) suprimento de água – geralmente são necessárias grandes quantidades de água durante a construção e para o uso futuro nas instalações de um aeródromo. O reconhecimento deve incluir dados sobre o suprimento de água;

n) camuflagem – as características desejáveis do local incluem a ausência de aspectos pronunciados do terreno e a existência de cobertas naturais para as instalações de serviço. Para facilitar a camuflagem, o desmatamento deve ser criterioso e deve ser evitado o acúmulo de entulho proveniente do desmatamento; e

o) defesa terrestre – o terreno favorável à defesa é aquele que proporciona boa observação, campos de tiro, cobertura e vias de transporte adequadas.

3.9 PISTA DE POUSO PARA AERONAVES DE ASA FIXA

3.9.1 Aeródromos são significativamente diferentes das pistas de pouso. Em tempo de paz, a pista de pouso, conforme os regulamentos da aviação civil, é uma área retangular em um aeródromo terrestre preparado para o pouso e decolagem de aeronaves.

3.9.2 Em situação de combate, a Engenharia deve estar em condições de construir pistas de pouso com características adequadas às aeronaves de asa fixa que operarem na ZC, diferentemente das aeronaves estratégicas ou de emprego específico, que se posicionam na A Rtgd ou na zona de interior (ZI).

3.9.3 Em guerra, as aeronaves de asa fixa empregadas possuem inúmeras características e peculiaridades que as tornam completamente distintas das aeronaves civis.

3.9.4 Na ZC, a falta de disponibilidade de tempo e insumos necessários à construção de pistas de pouso de concreto ou asfalto, com acentuadas capacidades de suporte e demais dados técnicos, indica a necessidade de planejar o uso de material coerente com a situação e, nesse caso, as pistas de pouso são construídas em terreno natural (terra batida), com espessura e compactação adequada.

3.9.5 A dificuldade na construção da pista está localizada nas dimensões de largura e comprimento necessárias às aeronaves de asa fixa que irão operar na ZC, porque cada aeronave exige determinadas dimensões mínimas de comprimento e largura de pista de pouso para operações de pouso e decolagem.

3.10 ESPECIFICAÇÕES PARA O PROJETO DE CAMPO DE POUSO

3.10.1 VENTO

3.10.1.1 Normalmente, as pistas são orientadas tendo em vista a direção dos ventos predominantes. Um cuidado especial deve ser dado em relação a ventos repentinos de grande velocidade. Eles não devem ser maiores do que 21 km/h em direção ao encontro da pista de pouso.

3.10.2 COMPRIMENTO DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

3.10.2.1 A determinação do comprimento da pista de pouso e decolagem para qualquer aeronave é de natureza empírica e deve compreender não só os comprimentos mínimos para pouso e decolagem, mas, também comprimentos suplementares para atender às variações de técnica de pilotagem, fatores psicológicos, condições de revestimentos, possíveis falhas mecânicas, condições dos ventos, neve e outros fatores.

3.10.2.2 Neste manual, serão abordadas as aeronaves mais comuns de asa fixa de transporte em uso atualmente pela FAB.

3.10.3 KC 390



Fig 3-8 – Detalhes do KC 390

3.10.3.1 O comprimento mínimo da pista de decolagem varia de acordo com as necessidades: 1.100 metros para missões táticas, 1.300 metros para atividades

de rotina e 1.630 metros para transporte logístico. A largura mínima é de 55 m, considerando a envergadura da aeronave e uma margem de segurança.

3.10.4 C-130

3.10.4.1 O comprimento mínimo de pista para decolagem, quando esta aeronave estiver totalmente carregada, é de 1.800 m. Considerando-se a envergadura da aeronave e uma margem de segurança, a largura mínima é de 60 m

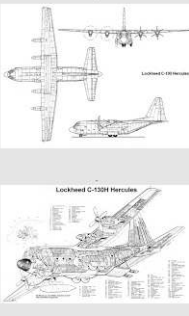
	Ano	1954
	País de Origem	EUA
	Função	Transporte e apoio logístico
	Variante	C-130J
	Tripulação	3 (tripulação mínima)
	Motor	4 x turbopropulsoes Rolls-Royce AE 2100D3
	Peso (kg)	Vazio 34274
		Máximo 74393
	Dimensões (m)	Comprimento 29,79 (34,36 na versão J-30)
		Envergadura 40,41
		Altura 11,84
Performance (km/h, m, km)	Velocidade	671
	Teto Máximo	8615
	Raio de ação	1667
Armamento	Apenas nas versões AC-130.	

Fig 3-9 – Detalhes do C 130

3.10.5 F-5M

TIPO DE AVIÃO	CORRIDA DE DECOLAGEM (m)	COMPRIMENTO MÍN. DE PISTA (m)	LARGURA DA PISTA (m)
F-5M	1000	2000	18

Nota: a corrida de decolagem pressupõe nível do mar, 15 °C, sem vento, superfície dura e configuração de combate.

PMD (lb)	14.000	15.000	16.000	17.000	18.000	19.000	20.000
CD (m)	460	531	605	718	840	941	1000

PMD – Peso Máximo de Decolagem e CD – Corrida de Decolagem 1 Kg = 2,2046 libras (lb).

3.10.6 C-105

TIPO DE AVIÃO	CORRIDA DE DECOLAGEM (m)	COMPRIMENTO MÍN. DE PISTA (m)	LARGURA DA PISTA (m)
C-105	900	1200	20

3.10.6.1 A corrida de decolagem pressupõe nível do mar, 15 °C, sem vento, superfície dura e configuração de combate.

PMD (kg)	15.000	17.000	19.000	21.000	23.000
CD (m)	400	520	700	700	900

OBS: PMD – Peso Máximo de Decolagem, e CD - Corrida de Decolagem.

3.10.7 C-97

TIPO DE AVIÃO	DISPONIBILIDADE MÁXIMA (KG)	PESO MÁXIMO DE DECOLAGEM CURTA (KG)	COMPRIMENTO MÍN. DE PISTA (m)	LARGURA DA PISTA (m)
C-97	1875	11375	1200	30

NOTA: a corrida de decolagem pressupõe nível do mar, 15 °C, sem vento e superfície dura. Considerando o peso da aeronave 11.375Kg.

3.10.8 C-98

TIPO DE AVIÃO	CORRIDA DE DECOLAGEM (m)	COMPRIMENTO MÍN. DE PISTA (m)	LARGURA DA PISTA (m)
C-98	650	800	18

NOTA: a corrida de decolagem pressupõe nível do mar, 15 °C, sem vento, superfície dura.

PMD (lb)	7300	7800	8300	8750
CD (m)	269	319	374	429

OBS: PMD – Peso Máximo de Decolagem CD – Corrida de Decolagem.

3.10.9 É importante ressaltar que, para os planejamentos operacionais iniciais, na ZC, deve-se buscar com a FAB informações atualizadas das aeronaves de asa fixa que irão operar na Z Aç, para, com esses dados, realizar a construção das pistas de pouso e helipontos com mais segurança.

CAPÍTULO IV

INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS

4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

4.1.1 Na ZC, o Comando Logístico de Força Terrestre Componente (CLFTC) é o mais alto escalão logístico. Está estruturado com base nas regiões militares (RM), grupamentos de engenharia (Gpt E) e grupamentos logísticos (Gpt Log) existentes desde o tempo de paz, sendo organizado de acordo com a situação, os recursos logísticos disponíveis e a missão atribuída a FTC.

4.1.2 O CLFTC não possui uma estrutura fixa e sua organização conta com um Estado-Maior (EM) funcional, com assessorias especializadas e com o Centro de Coordenação de Operações Logísticas (CCOL). O seu braço operativo é constituído por um número variável de módulos das organizações militares logísticas funcionais que são desdobrados na(s) bases logísticas terrestres (BLT) e/ou destacamento logístico (Dst Log), dimensionadas conforme as necessidades de apoio dos elementos da FTC.

4.1.3 A BLT é formada por meios e recursos humanos provenientes dos Gpt Log, Gpt E e RM, estruturas existentes desde o tempo de paz, que desdobram seus meios orgânicos, além de recursos específicos para apoio de material na função logística engenharia e outros relacionados às áreas de pessoal e de saúde necessários ao apoio logístico da FTC/F Op. Pode, caso determinado, prover o suporte total ou parcial a outras F Cte, a órgãos civis ou à população localizada na área de responsabilidade dessa força, recebendo meios em reforço para cumprimento dessa tarefa.

4.1.4 A base logística de brigada (BLB) é a área onde são desdobrados os meios orgânicos dos batalhões logísticos (B Log) e outros recursos específicos necessários ao apoio a uma grande unidade (GU). Sua organização é modular e fundamentada em meios dotados de mobilidade tática, de modo a possibilitar o apoio logístico às operações e assegurar certo grau de autonomia à força apoiada.

4.1.5 O B Log constitui o escalão básico responsável pela execução das tarefas logísticas em benefício das organizações militares (OM) da GU. São OM responsáveis pela execução das tarefas logísticas relacionadas às áreas funcionais de apoio de material, apoio ao pessoal e de apoio de saúde às unidades (U) e subunidades (SU) subordinadas às brigadas (Bda). Por área, pode apoiar outras OM não orgânicas da GU. As SU do B Log podem ter sua organização alterada em função da missão, da situação, das necessidades, das disponibilidades e dos diversos tipos de brigada. Essa organização é

pautada pela flexibilidade, adaptabilidade, modularidade, elasticidade e sustentabilidade (FAMES).

4.1.6 Todas as instalações logísticas, nos diversos escalões, devem atentar para a necessidade de defesa antiaérea passiva, que pode ser obtida por meio da simulação, da camuflagem, da utilização de cobertas e abrigos, da dispersão dos meios, de posições falsas, da disciplina de luz e de utilização das comunicações, do desenfiamento e do controle das emissões eletromagnéticas (radar).

4.2 INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS NA ZONA DE COMBATE NAS ÁREAS DE TRENS

4.2.1 INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS NA BLT

4.2.1.1 Da mesma forma que o CLTO, CLFTC e Ba Log Cj, a BLT é constituída por módulos logísticos provenientes das OM do Gpt Log, Gpt E e RM, além de outros necessários para a execução de tarefas específicas.

4.2.1.2 Os módulos logísticos que constituem a BLT são provenientes em sua maioria do Grupamento Logístico. A organização básica de uma BLT possui os seguintes módulos: Suprimento, Manutenção, Saúde, Transporte, Recursos Humanos e outros julgados necessários para o cumprimento da missão.

4.2.1.3 As OM formadoras da BLT devem possuir todas as capacidades necessárias para atender às demandas logísticas existentes na ZC. São elas: Batalhão de Manutenção, Batalhão de Suprimento, Batalhão de Recursos Humanos, Batalhão de Saúde e Batalhão de Transporte.

4.2.2 INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS NA BLB

4.2.2.1 No âmbito da brigada, normalmente, os elementos desdobrados na BLB são os responsáveis pela execução das tarefas logísticas relacionadas às áreas funcionais de apoio de material, de apoio ao pessoal e de apoio de saúde às OM da GU.

4.2.2.2 Para a execução das atividades de Apoio Geral de Engenharia, a brigada pode receber o reforço de frações do Grupamento de Engenharia (Gpt E). No escalão brigada, as tarefas da atividade de planejamento e execução de obras e serviços de engenharia e de obtenção e controle dos bens imóveis são reduzidas ao mínimo.

4.2.3 INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS NOS BATALHÕES LOGÍSTICOS

4.2.3.1 O B Log não possui organização fixa, devendo este ser dimensionado, desde o tempo de paz, de acordo com as necessidades logísticas dos elementos a apoiar, ou seja, “na medida certa”. Uma mudança nesses elementos pode determinar um reajustamento na capacidade de apoio do batalhão.

4.2.3.2 O B Log apresenta organização modular adaptada às capacidades requeridas à GU a qual pertence. De forma geral, pode ser constituído pelas seguintes subunidades: Companhia Logística de Suprimento, Companhia Logística de Transporte, Companhia Logística de Manutenção, Companhia de Comando e Apoio.

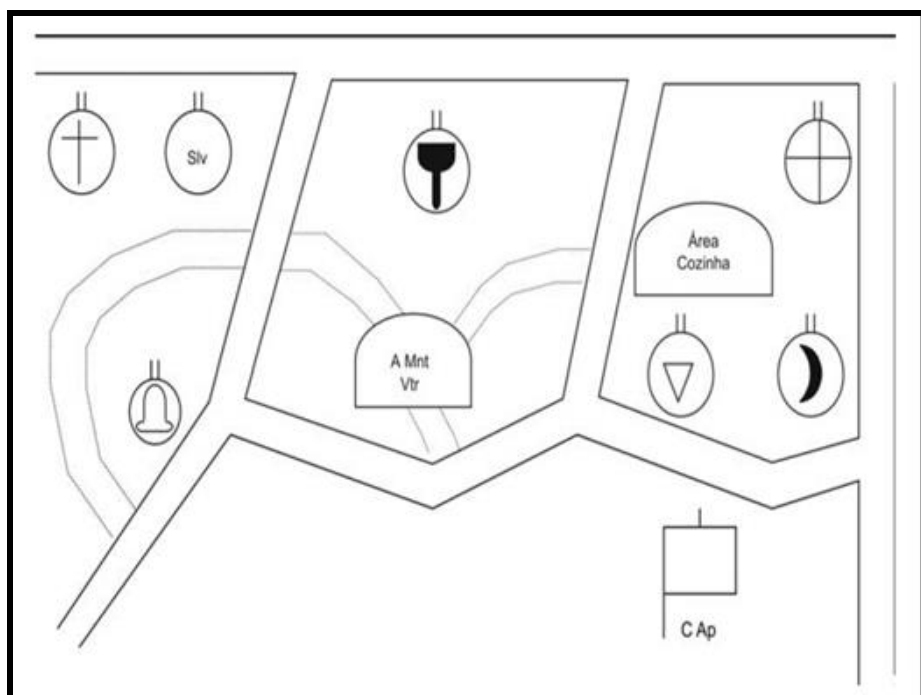


Fig 4-1 – Esboço das instalações logísticas de unidades desdobradas

4.2.3.3 Para a execução das tarefas afetas a área funcional apoio de saúde, o B Log pode receber em reforço, para o desdobramento na BLB, de frações do Batalhão de Saúde, que mobília o posto de atendimento avançado.

4.2.4 INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS NAS UNIDADES DE COMBATE E DE APOIO AO COMBATE

4.2.4.1 As unidades de combate e de apoio ao combate desdobram seus respectivos meios de apoio logístico em áreas de trens de combate e trens de estacionamento. As mesmas unidades, quando em zona de reunião (Z Reu), mantêm reunidos os seus meios de apoio logístico, em princípio.

4.2.4.2 Áreas de Trens de Estacionamento de Unidade (ATE)

4.2.4.2.1 É a porção de área de retaguarda da brigada onde estão reunidos os trens de estacionamento das unidades de combate. Os trens de estacionamento das unidades são constituídos pela maior parte dos meios da subunidade de comando e apoio.

4.2.4.2.2 Cabe ao comandante da subunidade de comando e apoio (comandante dos trens de unidade) determinar a localização específica de todos os elementos desdobrados na ATE da unidade. Normalmente, destaca seu subcomandante para controlar os elementos que se deslocam para a ATC, devendo, ele próprio, permanecer na área de trens de estacionamento.

4.2.4.2.3 Os trens de estacionamento das unidades localizam-se na área de retaguarda da brigada e fora da área de apoio logístico. No entanto, em algumas situações onde haja a necessidade de adotar medidas de segurança mais acentuadas, os trens de estacionamento podem localizar-se no interior da BLB.

4.2.4.2.4 Para a localização da área de trens de estacionamento são considerados fatores semelhantes aos indicados para a localização da BLB. Tal localização é atribuição do(s) S-4 da(s) unidade(s), em estreito entendimento com o E-4 da Brigada.

4.2.4.2.5 Os elementos de apoio logístico orgânicos das unidades, na ATE, basicamente instalam e operam (Fig 4-1):

- a) o posto de socorro;
- b) um posto de remuniamento;
- c) uma área de cozinhas;
- d) uma área de estacionamento de viaturas; e
- e) postos de distribuição de suprimento CI I e CI III, dependendo da situação.

4.2.4.3 Áreas de Trens de Combate de Unidade (ATC)

4.2.4.3.1 É a porção da Z Aç da unidade onde são reunidos elementos de apoio logístico necessários para prestar um apoio mais cerrado. Comumente fica localizada nas proximidades do posto de comando da unidade considerada, junto aos seus elementos de comando (companhia ou esquadrão de comando, estado-maior, comandante *etc.*).

4.2.4.3.2 A subunidade de comando e apoio, ao se desdobrar nas proximidades do posto de comando da unidade, conta com alguns elementos de apoio logístico (próprios e recebidos em reforço), a fim de proporcionar um apoio mais cerrado à unidade (Fig 4-2).

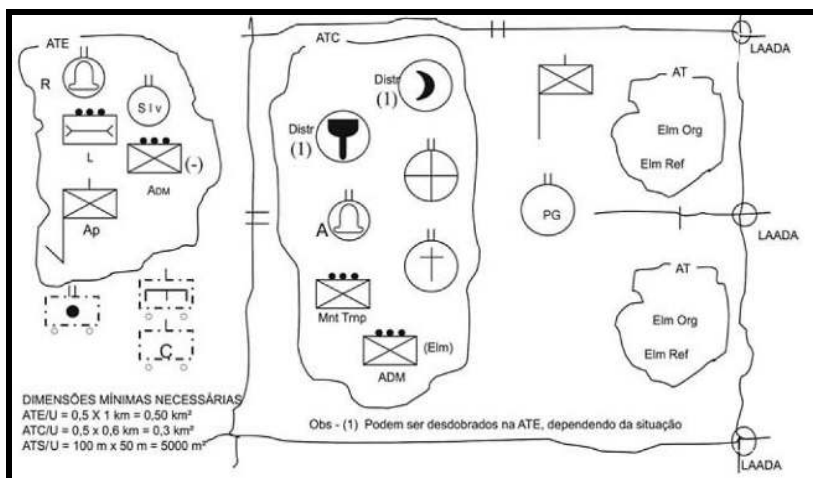


Fig 4-2 – Esboço dos trens de unidade e subunidade

4.3 DISTÂNCIA DE SEGURANÇA

4.3.1 Todas as instalações logísticas, enquadradas em uma ATE ou ATC, durante as operações ofensivas ou defensivas devem estar a uma distância mínima da LP/LC ou do LAADA, respectivamente. A distância de segurança deve ser modificada em função do alcance do armamento inimigo. Para se obter a distância de segurança, pode ser usado o seguinte processo expedito:

4.3.1.1 A partir da LP/LC ou LAADA, toma-se o alcance de emprego do armamento inimigo (para a Bda, usa-se a artilharia orgânica), subtraído de seu alcance mínimo.

4.3.1.2 Um Grupo de Obuses 105 mm inimigo com alcance de emprego de 9,5 Km deve entrar em posição a uma distância mínima de 1,5 Km da LP/LC. Em consequência, a distância de segurança a ser considerada é de 8 Km.

Elm	Área	Tipo de Op	Referência	Dist Mínima (Km)
Companhia	Trens	Ofensiva e	LP/LC	0,5
			LAADA	1
Batalhão	Trens de Combate	Defensiva	LP/LC	1,5
	Trens de Estacionamento		LP/LC	3
			LAADA	6

Tabela 4-1 – Distância mínima de segurança

Funç Log	Instalação	Requisito da instalação
Saúde	Posto de Distribuição de Suprimento CI VIII	- Local coberto e abrigado; - Facilidade de acesso à estrada principal de suprimento (EPS); - Aproveitamento de construções existentes; - Espaço suficiente para expansão; e - Não interferir na circulação interna da área de apoio logístico.
	Posto de Socorro (PS)	- Possuir proximidade de água; - Localizar-se em uma posição central em relação à Manobra do escalão considerado; - Proximidade do PC do Btl / fácil acesso cobertura e desenfiumento; - Possibilitar a execução de atendimento primário, exceto cirurgia de controle de danos; - Possibilitar a execução de medicina preventiva (exceto apoio de veterinária preventiva e apoio farmacêutico); e - Possibilitar a capacidade retenção, tratamento e evacuação de forma limitada.
	Posto de Retenção e Evacuação (P Rtn Ev)	- Possibilitar a capacidade de retenção, tratamento e evacuação intermediária; - Possibilitar a execução de medicina preventiva (exceto apoio de veterinária preventiva e apoio farmacêutico); - Possibilitar o atendimento primário; e - Possibilitar o tratamento de doentes e feridos, quando reforçado.
	Posto de Atendimento Avançado (PAA)	- Possibilitar o tratamento a atingidos por agentes QBRN.
	Hospital de Campanha (H Cmp)	- Possibilitar a capacidade de diagnóstico, de cuidados intensivos e de evacuação; - Possibilitar as atividades de medicina preventiva e curativa; e - Possibilitar o apoio de material de saúde.
	Hospital Militar (H Mil)	- Possibilitar a assistência médica definitiva ou reabilitação, caso o tratamento requerido seja superior ao estabelecido na N Ev ou à capacidade do 3º escalão.

Suprimento	Área de cozinha	- Local coberto e abrigado; - Aproveitamento de construções existentes; e - Próximo a pontos de água.
	Posto de Remuniciamento	- Viabilizar o fácil acesso à EPS; - Ter espaço para a dispersão de Vtr; - Possuir solo firme e seco; - Ser de fácil camuflagem; e - Possuir distância aproximada do P Distr CI III.
	Posto de Suprimento de Água (P Sup Agu)	- Além do pessoal especializado de engenharia que integra o Grupo de Suprimento de Água, poderão ser aproveitadas estações de tratamento de água (ETA) já existentes; - Determinação de necessidades; a identificação do(s) ponto(s) de obtenção; a definição de locais de tratamento e armazenamento; e a coordenação da distribuição junto aos elementos responsáveis pela cadeia de distribuição. Esta atividade envolve, ainda, a reparação e manutenção da infraestrutura civil de abastecimento de água em benefício da F Op, incluindo, entre outras, a análise, a purificação e o tratamento de águas superficiais e residuais; e - Utilização de viaturas específicas, como cisterna d'água, e reservatórios compatíveis, como caixas d'água, sacos luster, garrafas, entre outros. A higienização e conservação destes reservatórios deverão ser realizadas conforme prevê a legislação sanitária vigente.
	Posto de Distribuição de Suprimento CI I (P Distr CI I)	- O transporte do suprimento até as unidades é realizado, normalmente, pelo B Log, por meio da Cia Log Trnp.
	Posto de Distribuição de Suprimento CI III (P Distr CI III)	- O batalhão logístico receberá o suprimento no posto de distribuição de suprimento classe III na BLB. O escalão apolador fornece esse material por meio de troca de viaturas-cisterna ou pelo enchimento das viaturas-cisterna vazias; e - Para tais atividades, faz-se necessária a gestão do espaço e meios disponíveis, de forma a garantir o fluxo de suprimento e evitar congestionamento de viaturas e problemas no deslocamento ou estacionamento das mesmas.
	Posto de Suprimento Classe V (P Sup CI V)	- É normal que essa OM apanhe o suprimento (distribuição na instalação de suprimento) no P Distr CI V (Mun), evitando baldeação desnecessária no interior da BLB.
	Posto de Suprimento de Outras Classes (Pel Sup O CI)	- Desdobra-se, normalmente, em local de passagem obrigatória das viaturas, próximo da EPS e da Cia Log Mnt.
Manutenção	Posto de Coleta de Salvados (P Col Siv)	- Desdobrado à retaguarda da área da Cia Log Mnt e, se possível, próximo à EPS; e - Se possível, conta com utilização de edificações para a guarda de salvados de pequeno volume, tais como rádios, equipamentos eletrônicos, armamento leve etc.
	Posto Técnico de Material Bélico (P Tec MB)	- Proximidade da entrada da área de desdobramento da Cia Log Mnt; - Proximidade da estrada principal de suprimento (EPS), com fácil ligação com a mesma; - Disponibilidade de local amplo, coberto e abrigado; - Possibilidade de utilização de construções; - Possibilitar realizar a manutenção de 2º Esc em 80% das necessidades; e - Possibilitar a manutenção de 2º Esc do material de saúde.
	Posto de Distribuição de Suprimento de peças de reparação de Material Bélico (P Distr MB)	- Proximidade da EPS e facilidade de ligação com a mesma; - Proximidade do P Tec MB e da Área de Manutenção; - Disponibilidade de área ampla, coberta e abrigada e, quando possível, com edificações; e - Possibilitar o recebimento, armazenamento e distribuição de peças e conjuntos de reparação.
	Área de manutenção de viaturas e armamento	- Possuir local coberto; - Possuir proximidade de água; - Ser um local plano e amplo espaço para dispersão; - Possuir solo firme; e / 300 a 500 m do PC do Bti; e - Próximo a estradas.

Transporte	Área de Estacionamento de Viaturas para Transporte Cl I	- Deve ter grande capacidade de manobra; - Capacidade de realização de manutenção no local; - Cobertas e abrigos contra o ataque e a observação aérea do inimigo; - Espaços suficientes para permitir a dispersão do pessoal e das viaturas, como medida passiva de defesa anti-aérea; e - Terrenos que permitam o movimento de viatura através campo e sob condições meteorológicas adversas.
	Área de Estacionamento de Viaturas para Transporte Cl III	- Proximidade dos P Distr da Cia Log Sup.
	Área de Estacionamento de Viaturas para Transporte Cl V	- Rede de estradas ou trilhas que suportem a tonelagem das viaturas em seu peso máximo.
Recursos Humanos	Posto de Coleta de Mortos (P Col Mor)	- O P Col Mor da brigada deve ser localizado na BLB, próximo à EPS e, sempre que possível, oculto das vistas da tropa; e - As unidades instalam seus P Col Mor com meios próprios.
	Agência Postal	- A agência postal localizada junto ao PC da Cia Log RH é o principal órgão da atividade postal da grande unidade ou grande comando. Esta instalação é desdobrada pelo grupo postal, orgânico da Seção de Ajudância-Geral da Cia Log RH.
	Área de Repouso	- O Pelotão de Assistência ao Pessoal (Pel A Pes) da Cia Log RH do Batalhão Logístico instala e opera uma área de repouso na BLB. Nesta área, dentro das possibilidades e se a situação permitir, será prevista a instalação de computadores com acesso à internet e de rede de internet sem fio; e - Dependendo da situação tática, o Pel A Pes poderá desdobrar uma área de recuperação para os integrantes da GU. Nesse caso, a área de repouso não será desdobrada.
	Área de recuperação	
	Posto de Banho	- O Pel A Pes desdobra postos de banho e lavanderia na BLB. Eventualmente, poderá instalar posto de banho nas ATE/AT, mediante rodízio, de forma a atender à maioria dos elementos interessados.
	Posto de Lavagem	
	Área de depósito de resíduos	- Local coberto/ ventilado, com acesso adequado; - Distante de água (nascentes, poços, cursos d'água e demais locais sensíveis); - Local com solo firme, compactado e impermeável; - Possuir área de drenagem; e - Dosagem de um local para cada tipo de instalação.

Tabela 4-2 – Requisitos para o desdobramento das instalações logísticas

4.4 PRINCIPAIS INSTALAÇÕES

4.4.1 As principais instalações logísticas a serem desdobradas pelas unidades de combate e apoio ao combate, na ZC, são as seguintes:

- área de manutenção de viaturas e armamento;
- área de cozinhas;
- posto de coleta de mortos;
- posto de distribuição de suprimento CL I e CL III;
- área de estacionamento de viaturas;
- posto de coleta de salvados (em caso de necessidade);
- posto de distribuição de outras classes (em caso de necessidade); e
- área de depósito de resíduos.

4.5 O EMPREGO DE CONTÊINERES NAS INSTALAÇÕES LOGÍSTICAS

4.5.1 Devido a sua evidente característica modular, um contêiner marítimo pode ser montado e configurado para atender, praticamente, a todas as necessidades das instalações logísticas, desde locais simples como alojamentos e refeitórios, até os mais complexos como enfermarias.

4.5.2 A grande versatilidade que os contêineres possuem facilitam a configuração de estruturas das mais diversas formas. Desta maneira, servem de base para as instalações logísticas. Uma outra característica positiva no emprego de contêineres é o seu reduzido tempo de construção.



Fig 4-3 – Exemplo de base planejada para operações militares

4.5.3 A possibilidade de reutilização do mesmo contêiner em operações continuadas é outra característica importante. Uma vez que a vida útil da estrutura deste material é próxima a noventa anos, ele poderá ser empregado em várias instalações logísticas distintas, necessitando somente da manutenção de seus componentes. É importante ressaltar que o processo de aproveitamento de contêineres marítimos exige uma inspeção técnica executada por um profissional habilitado que garantirá que o material não oferece riscos de natureza química, física, biológica ou radiológica.

4.5.4 A questão ambiental também pesa favoravelmente para o seu emprego, uma vez que sua instalação é relativamente simples, não há o desperdício de insumos que se há nas construções convencionais. Como já foi citado, é bastante positiva a característica de poder ser constantemente reutilizada em operações consecutivas por um período considerável de tempo.

4.5.5 Em comparação com as instalações de alvenaria, o uso dos contêineres se sobressai tanto na mobilização como na desmobilização, facilitando o acompanhamento das operações e favorecendo um melhor apoio logístico aos elementos de 1º escalão nas operações.

4.5.6 A característica da versatilidade dos contêineres marítimos adaptados permiti a instalação de telhados entre dois módulos, o que pode atender aos diversos fins.



Fig 4-4 – Cobertura entre contêineres

4.5.7 As instalações sanitárias devem possuir obrigatoriamente lavatório, vaso sanitário, mictório e chuveiro. A quantidade ideal é de um para cada 20 militares. Separados por sexo, devem seguir também as conformidades de instalação hídrica e de esgoto.



Fig 4-5 – Contêiner sanitário

4.5.8 Alojamento e vestiários devem possuir camas tipo beliche, o espaço mínimo de 3 m² por militar, separados por sexo. Devem também possuir iluminação e ventilação, proporcionando conforto térmico a quem estiver alojado.



Fig 4-6 – Contêiner alojamento

4.5.9 A cozinha deve possuir boa ventilação e exaustão dos gases, ser de fácil lavagem e protegida por material resistente ao fogo. O refeitório deve proporcionar conforto para o consumo das refeições, sendo um local destinado somente para este fim.

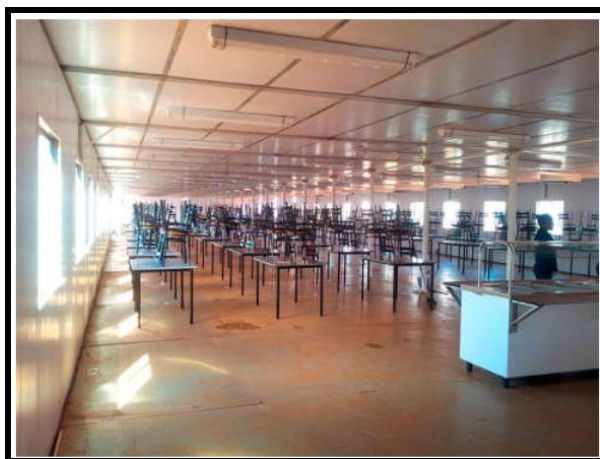


Fig 4-7 – Conjunto de contêineres para refeitório

4.5.10 Seção de saúde (ambulatório) - segundo a legislação civil, se faz necessário o ambulatório a partir de 50 trabalhadores, devendo possuir conforto térmico e acomodações adequadas ao atendimento e alojamento temporário de possíveis pacientes.



Fig 4-8 – Contêiner ambulatório

4.5.11 Almoxarifado e depósito devem ser planejados de acordo com as necessidades levantadas e atendendo à demanda do apoio.



Fig 4-9 – Exemplo de contêiner depósito

4.5.12 A oficina pode ser encontrada com diversas configurações diferentes, sendo de grande utilidade para as estruturas de manutenção de um destacamento logístico pela organização dos materiais e equipamentos utilizados.



Fig 4-10 – Exemplo de contêiner oficina

CAPÍTULO V

INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

5.1.1 O atendimento das necessidades em água dos seres humanos, sejam as mais variadas possíveis, envolve uma série de atividades que permitem desde a sua obtenção até o seu consumo (Fig 5-1). Tais atividades são, de igual forma, desenvolvidas nos diversos TO.

5.1.2 Tudo começa pela captação da água nos mananciais disponíveis. Após isso, a água tem de ser bombeada para uma unidade de tratamento que a colocará em condições de utilização. Uma vez tratada, ela será novamente bombeada/transportada para os locais de reservação; para, então, finalmente, ser distribuída para os locais de utilização que são, em nível macro, as diversas edificações. Dentro das edificações, por sua vez, ocorrerão, também, o bombeamento, a reservação e a distribuição para os pontos de consumo, atividades estas que serão tratadas dentro do assunto “instalações prediais de água fria”. Já as primeiras atividades enumeradas (até a distribuição nas edificações) são categoricamente denominadas de:

- a) captação;
- b) bombeamento;
- c) tratamento;
- d) reservação;
- e) distribuição.

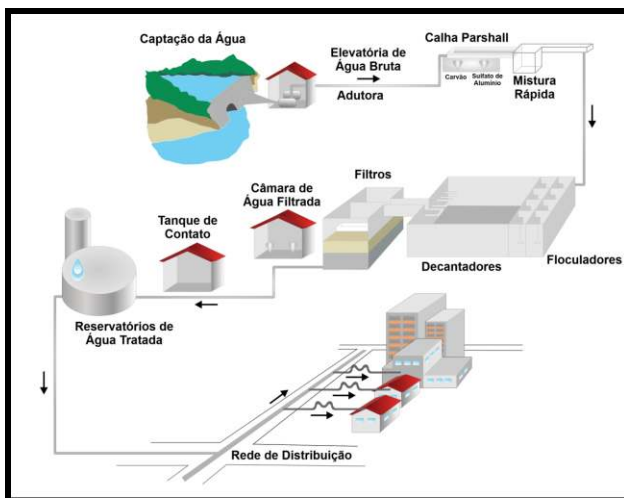


Fig 5-1 – Da captação à distribuição em uma cidade

5.1.3 CAPTAÇÃO DE ÁGUA

5.1.3.1 A captação de água é feita em qualquer fonte disponível, considerando-se a qualidade da água e as condições reinantes no TO. Para tanto, pode-se utilizar como fonte, as águas superficiais que envolvem os rios, os lagos, os córregos e as águas subterrâneas, tais como poços e outros; as águas do mar; os próprios sistemas municipais de abastecimento; a água de chuva, da neve e do gelo; e, até mesmo, a água retida na vegetação.

5.1.4 BOMBEAMENTO

5.1.4.1 Uma vez definido o manancial de abastecimento (ponto de captação), as águas precisam ser transportadas até a estação de tratamento. Este processo é chamado de bombeamento.

5.1.4.2 O bombeamento quando realizado com o fim de atender a uma cidade ou um grande conglomerado populacional toma proporções que fogem ao objetivo deste manual. O que será abordado adiante é aplicável aos acantonamentos militares e às outras instalações de menor porte, sendo igualmente utilizado no dimensionamento de recalque de água em edifícios.

5.1.5 TRATAMENTO DE ÁGUA

5.1.5.1 O tratamento de água no TO pode ser realizado em diversas fontes de água, a exemplo das águas superficiais, águas subterrâneas e água do mar.

5.1.6 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ÁGUA

5.1.6.1 O ponto principal na purificação é a escolha e ordenação dos processos. Geralmente são conseguidos bons resultados utilizando-se da seguinte sequência: coagulação, sedimentação, desinfecção e filtração. Por último, pode-se realizar o tratamento adicional, ultrafiltração e osmose reversa.

5.1.7 SISTEMÁTICA DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO

5.1.7.1 Sedimentação – deposição natural das partículas mais pesadas sem adição de coagulantes, após cessar o movimento e dependendo do tamanho das partículas. Preliminar à filtração.

5.1.7.2 Coagulação – adicionando-se certas substâncias coagulantes à água, as matérias em suspensão aglomeram em partículas mais volumosas e insolúveis que se depositam com maior rapidez. A coagulação em pH ácido remove a coloração da água.

5.1.7.3 O pH ótimo é obtido através do ensaio de floculação. É aquele onde os flocos se formam mais rapidamente. As substâncias coagulantes (Alúmen)

produzem acidez, que será corrigida pela adição de uma substância alcalina (carbonato de sódio).

5.1.7.4 Floculação – formação de hidróxido de alumínio, que empresta aspecto leitoso à água. Nesta fase deve haver agitação.

5.1.7.5 Desinfecção – eliminação de germes através de cloração, cal, iodo, permanganato de potássio ou ozônio. Universalmente convencionou-se usar o cloro em desinfecção por ser economicamente mais viável. O cloro pode ser líquido, gasoso ou ainda utilizar o hipoclorito de cálcio.

5.1.7.6 Filtração – nesse processo utiliza-se camadas de cascalho e areia fina, com o objetivo de deixar os materiais impróprios em suspensão. Após isso, a água passa por uma camada de sílica diatomácea com o propósito de eliminar 100% dos germes patogênicos e 90% das bactérias.

5.1.7.7 Ultrafiltração – é uma variedade de filtração por membrana, na qual a pressão hidrostática força um líquido por uma membrana semipermeável.

5.1.7.8 Osmose Reversa – é um tratamento baseado em membranas que têm como principal objetivo a separação de sólidos dissolvidos da água.

5.1.8 ALTERAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA

5.1.8.1 Turvação ou turbidez – pode apresentar aspecto lacinado provocado por matéria em suspensão.

5.1.8.2 Cor – alterações na cor podem ser produzidas por materiais corantes, oriundos dos vegetais em decomposição.

5.1.8.3 Odor e sabor – podem surgir em consequência da presença de algas, certos gases, resíduos industriais ou minerais em dissolução.

5.1.8.4 O pH é a medida do grau de acidez ou alcalinidade da água. Utilizada no cálculo da quantidade dos produtos químicos para uma boa coagulação.

5.1.8.5 Minerais em dissolução – depende do tempo de contato entre a água e as substâncias minerais.

5.1.9 As impurezas da água podem ficar em suspensão como os microrganismos, algas e sólidos em suspensão ou em dissolução a exemplo dos sais de sódio, cálcio, magnésio, ferro, manganês, matéria corante vegetal e gases.

5.1.10 Os métodos de controle mais utilizados são verificados por algumas características da água como a turvação, cor, odor e sabor e dos minerais em dissolução.

5.1.11 Qualidade e quantidade – a água destinada à bebida deve ser isenta de germes patogênicos, substâncias tóxicas e de qualquer cor, odor ou sabor desagradável. Qualquer água ainda não tratada deve ser considerada suspeita até ser inspecionada por um oficial do serviço de saúde. Em relação à quantidade, o volume de água necessário a um soldado em combate, nas marchas ou em estacionamentos, é dado pela tabela 5-1.

Condições	Litros/dia	Observações
Combate	02 a 04	Absolutamente o necessário
	04 a 10	Usado para beber e, com economia, para cozinhar e higiene pessoal
Marchas e estacionamentos de pequena duração	8	Bastante para beber, cozinhar, lavar os utensílios de cozinha e lavar mãos e rostos.
	20	Deve permitir o banho e lavagem de rosto
Estacionamento de grande duração	20	Não inclui banho
	40	Inclui banho ligeiro
	60	Banho de imersão

Tabela 5-1 – Volume de água por militar necessário nas marchas e estacionamento

5.1.12 O posto de suprimento de água é o local onde a água é tratada e armazenada para sua distribuição. Deve estar situado em local de fácil acesso à viatura, próximo à EPS e é instalado na A Ap Log/Bda ou DE.

5.2 TIPOS DE EQUIPAMENTOS DE PURIFICAÇÃO DE USO MILITAR

5.2.1 Equipamento 7 VT – realiza a filtração da água por meio das velas de sílicas diatomáceas. O material é de fácil transporte e manuseio.

5.2.2 Equipamento 7 VR – é uma evolução do 7 VT e segue seu mesmo princípio de funcionamento. Sua principal vantagem é que pode ser montado sobre uma viatura reboque, facilitando seu transporte nas operações.

5.2.3 Equipamento de purificação portátil – trata-se de um equipamento que fornece água potável aos combatentes em operações dinâmicas ou atualmente descentralizadas, quando não é possível apoiá-los de maneira convencional.

5.2.4 Estação de Tratamento de Água UFOR 1012 – trata-se de um equipamento da marca perene, de fabricação nacional, e possui a capacidade de produzir aproximadamente 20 mil litros de água por hora, tornando potável a água com alto índice de salinidade.

5.2.5 RESERVAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO

5.2.5.1 Uma vez tratada, a água necessita ser reservada para depois ser distribuída para os diversos locais em que será consumida. Os procedimentos e critérios para o estabelecimento da quantidade e forma de reserva variam se considerarmos o abastecimento de cidades aéreas ou edificações. No tópico “Instalações Prediais”, será abordado o detalhamento técnico da reserva e distribuição de águas das instalações.

5.3 INSTALAÇÕES PREDIAIS

5.3.1 ASPECTOS GERAIS

5.3.1.1 No estudo das instalações prediais de água fria, precisa-se inicialmente definir quais são as necessidades de consumo, estabelecendo para tanto um consumo diário de água. Estabelecido este consumo, calcula-se as necessidades de reserva e dimensiona-se as de caixas de água e cisternas. Isto definido, passa-se a estabelecer a estação elevatória de água que se destina a levar a água armazenada nas cisternas para as caixas nas coberturas dos edifícios, dimensionando as tubulações e escolhendo a bomba a ser utilizada. A partir daí, a água é distribuída por gravidade, cabendo o dimensionamento das tubulações de forma a bem atender cada ponto de consumo, seja ele um bebedouro, uma pia, um chuveiro ou outro qualquer.

5.3.2 PERDAS DE CARGA

5.3.2.1 Durante o deslocamento de líquidos no interior de tubos ocorrem perdas de carga. Verificações práticas mostram que escoamento de líquidos nas tubulações pode ser turbulento, isto é, com o aumento da velocidade, o líquido passa a se comportar de forma agitada, causando grandes choques entre as suas partículas e delas com as paredes do tubo. Além desses choques, verifica-se que ocorrem, também, atrito entre cada uma dessas partículas e suas vizinhas. Esses atritos, assim como choques, causam uma resistência ao movimento, fazendo com que o líquido perca parte de sua energia. Isto é o mesmo que dizer que o “líquido perde pressão”.

5.3.2.2 Em grande parte, devido à rugosidade das paredes da tubulação, ou seja: quanto mais rugoso for o material do tubo, maior será o atrito interno, assim como maiores serão os choques. Consequentemente, a perda de energia do líquido será maior. O mesmo ocorre para uma diminuição do diâmetro, o que ocasiona uma maior perda. Esta perda de energia que se traduz na forma de perda de pressão é o que denominamos de “perda de carga” (J).

5.3.2.3 A perda de carga na tubulação, também chamada de perda normal, é diretamente proporcional ao comprimento da tubulação, inversamente proporcional a uma potência do diâmetro, em função de uma potência da velocidade, variável com a natureza das paredes do tubo, independentemente da posição do tubo, independente da pressão interna sob qual o líquido escoar e dependente da vazão que flui no tubo.

5.3.2.4 Várias fórmulas foram desenvolvidas empiricamente para o cálculo das perdas em tubos, dentre essas, as principais são:

a) Fórmula de Hazen-Williams para tubos com $D > 50$ mm onde o valor de C é tabelado para diversos materiais (aço, PVC, ferro fundido, amianto *etc.*);

$$Q = 0,278531 \cdot C \cdot d^{2,63} \cdot J^{0,51}$$

b) Fórmula de Fair-Whipple-Hsiao para tubos de ferro galvanizado até 4" (100 mm); e

$$Q = 27,113 \cdot J^{0,632} \cdot d^{2,596}$$

$$J = 0,002021 \cdot \frac{Q^{1,88}}{d^{4,88}}$$

c) Fórmula de Fair-Whipple-Hsiao para tubos de cobre e latão conduzindo água fria até 4".

$$Q = 55,934 \cdot J^{0,571} \cdot d^{2,714}$$

$$J = 0,00086 \cdot \frac{Q^{1,75}}{d^{4,75}}$$

5.3.2.5 Como se pode observar pelas fórmulas, existe uma dependência da perda de carga (J) com o diâmetro da tubulação (d) e com a vazão (Q). Assim, não se pode definir um deles sem amarrar-se ao menos dois outros. Por esse motivo, foram desenvolvidos ábacos que relacionam a perda de carga (J), a vazão (Q), a velocidade (v) e o diâmetro (D) simultaneamente. Com a fixação de duas variáveis, determina-se uma reta no ábaco que fará determinar as

outras duas variáveis envolvidas no problema. Estes ábacos são apresentados nas Fig 5-2 e 5-3 abaixo.

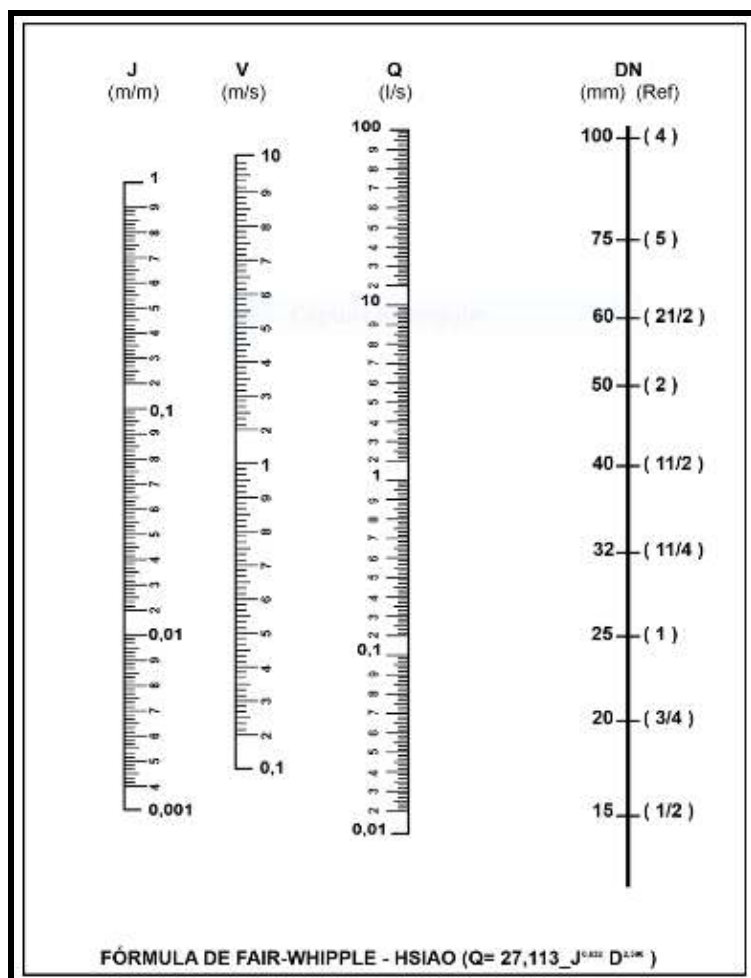


Fig 5-2 – Ábaco de Fair-Whipple-Hsiao para tubulações de aço galvanizado e ferro fundido

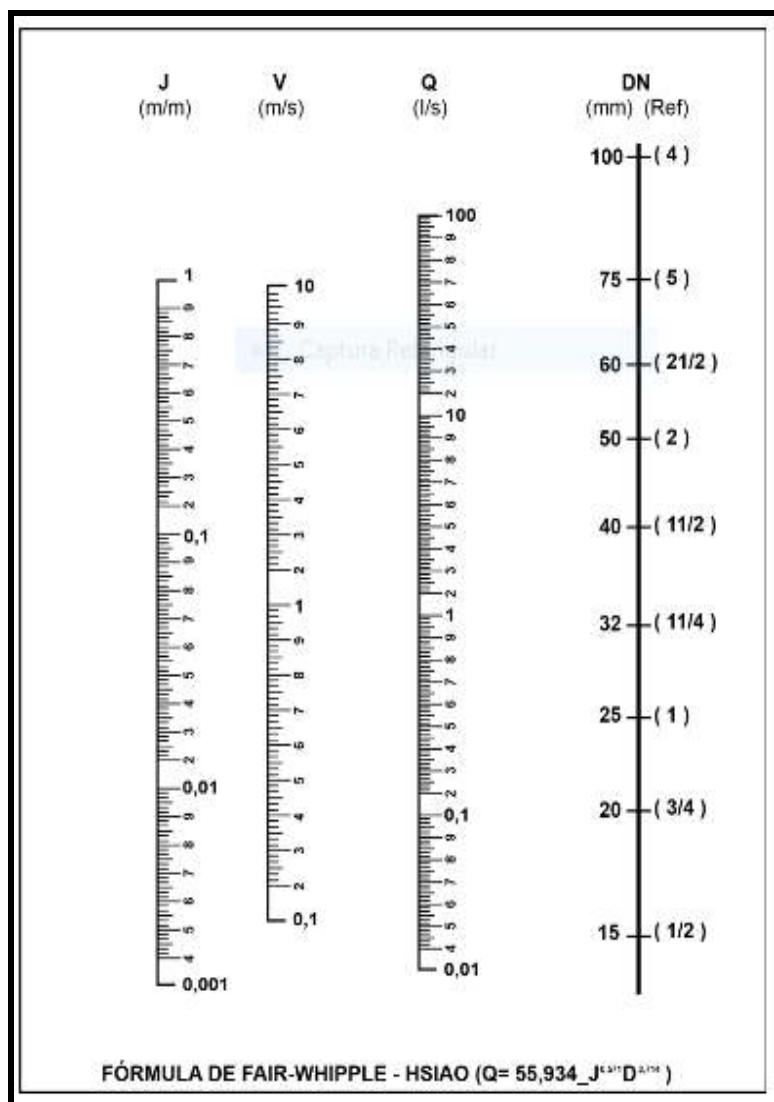


Fig 5-3 – Ábaco de Fair-Whipple-Hsiao para tubulações de cobre e plástico

5.3.3 PERDAS DE CARGA LOCALIZADA

5.3.3.1 Nos casos em que a água sofre mudanças de direção de deslocamento ou diminuição de diâmetro, como, por exemplo, em joelhos e reduções, ocorre, naqueles pontos, uma perda de carga chamada localizada. Isto é fácil de entender se pensarmos que neles há uma grande turbulência concentrada, a qual aumenta os choques entre as partículas de água.

5.3.3.2 A soma das perdas ocorridas nos tubos (perdas normais) com as ocorridas nas conexões (perdas localizadas) é chamada de perda total.

5.3.3.3 Em ensaios de laboratório, as diversas conexões utilizadas em instalações têm sua perda de carga medida. Calculando o comprimento da tubulação reta, de mesmo diâmetro, que apresenta a mesma perda de carga pela conexão, define-se o comprimento equivalente, ou seja, o comprimento equivalente é aquele que, em uma instalação, se colocado no lugar da conexão, resulta na mesma perda de carga total. Este comprimento pode ser expresso em números de diâmetro correspondentes. Assim, por exemplo, um cotovelo de 90°, que apresenta perda equivalente a 45 diâmetros, terá uma perda de 45 x 50 mm que é igual a 2250 mm em uma instalação com diâmetro de 50 mm, e, de igual forma, terá uma perda de 45 x 20 mm que é igual a 900 mm em uma instalação de 20 mm. Observa-se que a unidade de J (perda de carga) utilizada é o metro de coluna de água, ou seja, de altura representativa de pressão. A tabela 5-2 apresenta a relação de diversas conexões e perdas de carga expressas em número de diâmetros.

Peça	Comprimento expresso em diâmetro (Nr D)
Ampliação gradual	12
Cotovelo de 90°	45
Cotovelo de 45°	20
Curva de 90°	30
Curva de 45°	15
Entrada normal	17
Entrada de borda	35
Junção (união)	30
Redução gradual	6
Registro de ângulo aberto	170
Registro de gaveta aberto	8
Registro de globo aberto	350

Saída de canalização	35
Tê, passagem direta	20
Tê, saída de lado	50
Tê, saída bilateral	65
Válvula de pé e crivo	250
Válvula de retenção	100

Tabela 5-2 – Perda de carga localizada – comprimento equivalente, expressão em número de diâmetros da tubulação

5.3.3.4 Os fabricantes de tubos e conexões ensaiam as perdas de carga das peças que produzem apresentando os resultados em tabelas. Estas tabelas apresentam valores exatos e, quando disponíveis, devem ser empregados para os cálculos. As tabelas 5-3 e 5-4, a seguir, apresentam as perdas de cargas para diversos tipos de conexões e materiais.

BITOLAS DN	D Ref	SOLDÁVEIS	ROSCÁVEL	JOELHO 90°	JOELHO 45°	CURVA 90°	CURVA 45°	TÊ 90° PASSAGEM DIREITA	TÊ 90° SAÍDA DE LADO	TÊ 90° SAÍDA BILATERAL	ENTRADA NORMAL
		DIÂMETRO INTERNO mm	DIÂMETRO EXTERNO mm								
15	½	20	21,0	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3
20	¾	25	26,5	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4
25	1	32	33,2	1,5	0,7	0,7	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5
32	1 ¼	40	42,0	2,0	1,0	1,0	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6
40	1 ½	50	48,0	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0
50	2	60	60,0	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5
60	2 ½	75	75,5	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6
75	3	85	88,3	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0
100	4	110	113,1	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2
125	5	140	139,3	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5
150	6	160	164,4	5,6	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8

Tabela 5-3 – Perdas localizadas – comprimentos equivalentes de tubulações em PVC ou cobre

BITOLAS	SOLDÁVEIS	ROSCÁVEL	ENTRADA DE BORDA	SAÍDA DE CANALIZAÇÃO	VÁLVULA DE PÉ E CRIVO	VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO LEVE	VÁLVULA DE RETENÇÃO TIPO PESADO	REGISTRO DE GLOBO ABERTO	REGISTRO DE GAVETA ABERTO	REGISTRO DE ÂNGULO ABERTO
D DN Ref	DIÂMETRO INTERNO mm	DIÂMETRO EXTERNO mm								
15 ½	20	21,0	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20 ¾	25	26,5	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25 1	32	33,2	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
32 1¼	40	42,0	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40 1½	50	48,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50 2	60	60,0	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60 2½	75	75,5	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75 3	85	88,3	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
100 4	110	113,1	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	10	22,1
125 5	140	139,3	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	11	26,2
150 6	160	164,4	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	12	28,9

Tabela 5-4 – Perdas localizadas – comprimentos equivalentes de tubulações em PVC ou cobre (continuação)

BITOLAS		COTOVELO 90° RAIOS LONGO	COTOVELO 90° RAIOS MÉDIO	COTOVELO 90° RAIOS CURTO	COTOVELO 45°	CURVA 90° R/O - 1 1/2	CURVA 90° R/O - 1	CURVA 45°	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	SAÍDA DE CANALIZAÇÃO
DN	D Ref										
15	½	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,4
20	¾	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,5	0,5
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,7
32	1 ¼	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,9
40	1 ½	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	1,0
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	1,5
60	2 ½	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	1,9
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,5	1,1	2,2	2,2
100	4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	3,2
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	4,0
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	5,0
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,5	6,0	6,0
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5	7,5
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9,0	9,0
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	11,0

Tabela 5-5 – Perdas localizadas – comprimentos equivalentes de conexões em ferro e aço galvanizado

OBSERVAÇÃO: os valores indicados para registro de globo aplicam-se também às torneiras, válvulas para chuveiros e válvulas de descarga.

5.4 CONSUMO DIÁRIO

5.4.1 Para o cálculo do consumo diário médio são utilizadas tabelas que trazem valores coletados da prática. É preciso, no entanto, que o militar, quando for determinar o consumo esperado, considere outros fatores que possam vir a mudar os dados da tabela, fruto de uma situação inusitada, como acontece em combate. O bom senso, como sempre, comandará a situação.

Estimativa de Consumo Diário	
Edificação	Consumo (Litros/dia)
Alojamentos provisórios	80 per capita
Casas populares ou rurais	120 per capita
Residências	200 per capita
Hotéis - sem cozinha e lavanderia	120 por hóspede
Escolas - Internatos	180 per capita
Escolas semi-internatos	100 per capita
Escolas - externatos	50 per capita
Quartéis	150 per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50 per capita
Escritórios	50 per capita
Cinema e teatros	2 por lugar
Templos	2 por lugar
Restaurantes e similares	25 por refeição
Garagem	50 por automóvel
Lavanderia	30 por Kg roupa seca
Mercados	5 por m2 de área
Matadouros - animais de grande porte	300 por cabeça abatida
Matadouros - animais de pequeno porte	150 por cabeça abatida
Postos de serviços para automóveis	150 por veículo
Cavalariças	100 por cavalo
Jardins	1,5 por m2
Orfanato, asilo e berçário	150
Ambulatório	25
Creche	60
Oficina de costura	50
Instalações temporárias	
Homem em combate	4 a 24 per capita
Bivaches	8 a 20 per capita
Instalações semipermanentes	
Hospitais	200 por leito
Acantonamentos	40 a 100 per capita
Instalações permanentes	
Acantonamento da tropa a pé e motorizada	400 per capita
Acantonamento da tropa blindada	600 per capita
Hospital	600 por leito

Tabela 5-6 – Estimativa de consumo diário

5.4.2 RESERVAÇÃO

5.4.2.1 Estabelecido o consumo diário passa-se a dimensionar os reservatórios da edificação que são dois: um dito inferior (a cisterna) e outro chamado de superior (a caixa de água) por ficarem nas posições respectivas do térreo ou subsolo e na cobertura dos edifícios. Existem duas formas de proceder, uma ditada pela prática e outra pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 5626/82.

5.4.2.2 A prática recomenda que seja observado o seguinte. O reservatório superior (caixa de água) deve ser capaz de reservar o volume de um consumo diário (Cd). E o reservatório inferior (a cisterna) o de reservar um e meio Cd e deve ser acionado, em cada um, 20% do volume já calculado para guardar uma reserva para emprego em casos de incêndio.

5.4.2.3 A NBR 5626/82 manda que se observe alguns tópicos, como o reservatório superior (a caixa de água) deve ser capaz de reservar o volume de $2/5$ do Cd. E o reservatório inferior (a cisterna) de reservar $3/5$ do Cd; e deve ser acionado, em cada um, 20% do volume já calculado para guardar uma reserva para emprego em casos de incêndio.

5.5 ELEVAÇÃO MECÂNICA DE ÁGUA – BOMBEAMENTO

5.5.1 Denomina-se bombeamento ou recalque a operação pela qual realiza-se o deslocamento de fluido de uma posição para outra, através da energia comunicada a este por uma bomba. Nos casos correntes é mais comum utilizar-se o bombeamento para transpor a água do reservatório inferior para o superior dos edifícios, dos poços ou mananciais para os reservatórios elevados, dentre muitas outras utilizações.

5.5.2 Para o trabalho de bombeamento podem ser empregadas basicamente três tipos de bombas: centrífugas, rotativas e de êmbolo ou pistão, sendo mais empregadas as bombas centrífugas, a qual consideramos em nossos estudos.

5.5.3 INSTALAÇÃO DE UMA BOMBA CENTRÍFUGA

5.5.3.1 O conjunto de tubulações, bombas e conexões empregadas no sistema de elevação de água denominam-se estação elevatória. Nelas, são empregadas duas bombas que se alternam no uso e, ao mesmo tempo, funcionam de reserva uma para a outra. A tubulação que conduz o fluido (água) do local onde é captado até a entrada da bomba denominamos de tubulação de aspiração ou sucção. À tubulação que conduz o fluido da bomba até o seu destino final (normalmente o reservatório superior) denominamos de tubulação de recalque. Nos interessa dimensionar ambas as tubulações e,

ainda, determinar a capacidade da bomba para fazer a escolha da mesma entre as que tivermos disponíveis para uso.

5.5.3.2 Na instalação de bombas deve ser observado o escorvamento, operação esta que consiste em encher manualmente as tubulações de sucção, pois a bomba não funciona corretamente se houver ar na tubulação de aspiração (sucção). O fato pode também provocar a queima do motor que gira a bomba.

5.5.3.3 Na instalação devem existir, no mínimo, alguns materiais como a válvula de pé com crivo, que além de impedir a entrada de detritos na tubulação, impede o retorno do líquido, escorvando a bomba, um conjunto de registros que permitam a alternância entre as bombas e as linhas de sucção e recalque, uma válvula de retenção que impeça o retorno do líquido já recalcado pela tubulação de recalque e outros elementos que se façam necessários na montagem das linhas. Na Fig 5-4, a seguir, pode-se identificar os elementos de uma instalação.

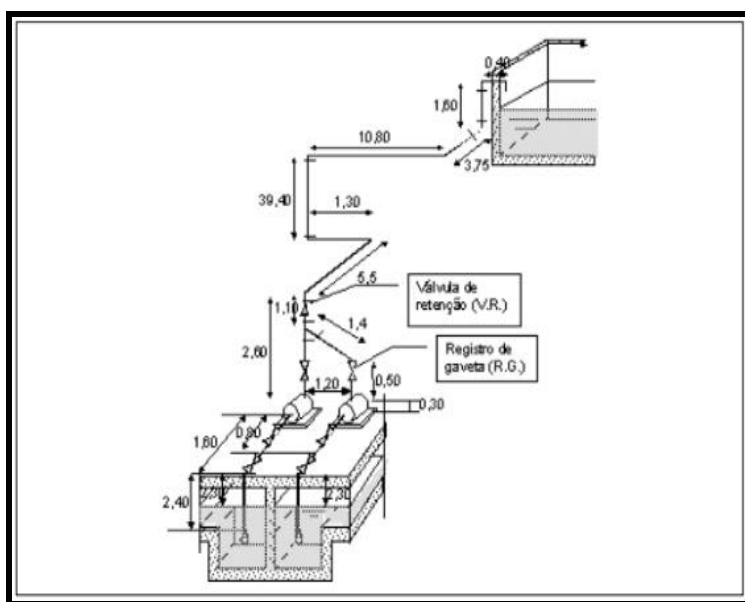


Fig 5-4 – Representação isométrica de uma instalação de bombeamento

5.5.3.4 O sistema de comando das bombas é feito automaticamente por intermédio de um dispositivo montado com a chave de boia. Quando há água suficiente no reservatório inferior, o sistema é comandado pelo reservatório superior, caso contrário, pelo inferior. O dispositivo deve desligar a bomba com o nível de água a pelo menos 10 cm acima da válvula de pé com crivo para impedir a entrada de ar no sistema.

5.5.4 TEMPO DE FUNCIONAMENTO DAS BOMBAS

5.5.4.1 Um sistema de bombeamento deve ser dimensionado para que as bombas trabalhem em três períodos de 1,5 (ou 2) hora cada, ou seja, totalizando 4,5 (ou 6) horas por dia.

5.5.5 DIÂMETRO DE ASPIRAÇÃO E RECALQUE

5.5.5.1 O diâmetro da tubulação de recalque é determinado pela fórmula de *Forchheimer* abaixo:

$$Dr = 1,3 \cdot \sqrt[4]{X} \cdot \sqrt{Q}$$

Onde:

- Dr = Diâmetro da tubulação de recalque, em metros;
- X = Nr horas de funcionamento da bomba/24 horas; e
- Q = vazão em m³/s, Q= Cd/24 h e Cd = Consumo diário (litros).

5.5.5.2 Uma vez determinado o diâmetro Dr, o diâmetro da tubulação de aspiração (ou sucção) “Da” é o diâmetro comercial imediatamente superior da linha (fabricação) que se estiver adotando.

5.5.6 DETERMINAÇÃO DA BOMBA A SER ADOTADA

5.5.6.1 Uma bomba deve ser capaz de transmitir ao líquido energia suficiente para que ele vença, sendo essas características abaixo especificadas:

- a) altura estática de sucção (ou aspiração) é a altura existente entre a cota do nível da água no reservatório onde a água é captada (normalmente no reservatório inferior - cisterna) e a cota do eixo da bomba, chamada de altura estática de sucção;
- b) as perdas de cargas que ocorrem no interior da tubulação de sucção são as perdas de cargas totais que ocorrem na tubulação (devido à própria tubulação – perdas normais – e às conexões nela existentes – perdas localizadas);
- c) energia cinética no fluido na entrada da bomba: ao chegar na entrada da bomba, o líquido vem dotado de uma determinada velocidade que lhe confere uma energia cinética; esta energia, no entanto, também é fornecida pela bomba. Ela, normalmente, tem um valor desprezível em comparação com os demais valores envolvidos;
- d) altura estática de recalque (hr) é a altura existente entre a cota do eixo da bomba e a cota do ponto onde a água é “despejada” (normalmente a cota do ponto onde será lançada no reservatório superior);
- e) as perdas de carga que ocorrem no interior da tubulação de recalque (Jr): são as perdas de carga totais que ocorrem na tubulação (devido à própria tubulação – perdas normais e às conexões nela existentes – perdas localizadas); e

f) o total de todas estas energias que devem ser transferidas ao líquido em bombeamento chama-se altura manométrica H , que é o parâmetro principal na escolha da bomba a ser utilizada.

$$H = h_r + h_a + J_r + J_a + \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Define-se ainda:

$$H_a = h_a + J_a + \frac{v_0^2}{2 \cdot g}$$

(a) Altura total de aspiração

$$H_r = h_r + J_r$$

(b) Altura total de recalque

$$J_{a(r)} = J_u \cdot l_{a(r)}$$

(c) Onde

$$H = H_a + H_r$$

(d) Altura manométrica

$$h_e = h_a + h_r$$

(e) Altura estática de elevação

5.5.7 CÁLCULO DA POTÊNCIA MOTRIZ

5.5.7.1 Se não tivermos a mão catálogos de fabricantes para uma escolha criteriosa, podemos calcular a potência de forma apenas aproximada, uma vez que iremos arbitrar um valor para o rendimento total η , o qual varia numa mesma bomba, com a descarga, a altura manométrica e o número de rotações.

5.5.7.2 Assim, supondo um rendimento $\eta=50\%=0,50$, a potência do motor que acionará a bomba será:

$$N = \frac{1000 \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta}$$

Onde:

- N = potência em c.v. (cavalos vapor);
- Q = vazão em m^3/s ;
- H = altura manométrica em m (metros); e
- η = rendimento do motor (algo em torno de $50\% = 0,50$).

Exemplo:

Seja dimensionar a estação elevatória sabendo-se o seguinte:

- Descarga necessária $Q=15.688 \text{ l/h} = 4,35 \text{ l/s}$; e
- Diâmetros de recalque $D_r = 2''$ e $D_a = 2 \text{ 1/2}''$.

Solução	M	Mca
Altura estática de aspiração	-	2,3
Comprimento real do encanamento com diâmetro de 2 1/2" $l_r = 2,4 + 0,8 + 1,2 + 0,8$ $= 5,2$	5,2	-
Comprimentos Equivalentes (conforme Tab 5-3) - 1 válvula de pé com crivo - 1 joelho de 90° - 2 registro de gaveta (2 x 0,40) - 2 tês de saída lateral (2 x 4,3) $l_e = 17 + 2 + 0,8 + 8,6$ $= 28,40$	17 2 0,8 8,6	-
Comprimento Total (real + equivalente) $33,6$ $33,6$	34	
No ábaco de Fair - Whipe - Hsiao, entrando com $Q = 4,35$ l/s e $D_a = 2 \frac{1}{2}"$, obtém-se a perda de carga unitária $J_u = 0,056$ mm e a velocidade $V_a = 1,4$ m/s		
Perda de carga na aspiração (j_a) $j_a = j_u \times l_t$ $= 0,056 \times 33,6$		1,882
Altura representativa da velocidade $[(V_a)^2]/2.g =$ $= (1,4)^2 / (2 \times 9,8)$ $0,099$ $= 0,10$ (aproximadamente)		0,1
Altura total de aspiração		4,28

Altura total de recalque:

	M	Mca
a) Hr - Altura estática de recalque	-	44
b) Comprimento		
Comprimento real do encanamento de recalque com diâmetro de 2". $l_r = 0,5 + 1,4 + 1,1 + 5,5 + 1,3 + 39,4 + 10,8 + 3,75 + 1,6 + 0,4$	65,8	
Comprimento Equivalente (conforme Fig 13-6) 1 registro de gaveta de 2 " 1 válvula de retenção 2" vertical 7 joelho de 90° (7 x 1,7) 1 joelho de 45° 1 tê de saída lateral 2" x 2" Comprimento Total (real + equivalente) $l_t = l_r + l_e$	0,4 6,4 11,9 0,8 3,5 87,8	
No Ábaco de Fair - Whipe - Hsiao, entrando com $Q = 4,35$ l/s e $D_r = 2"$, obtém a perda de carga unitária $J_u = 0,16$ mm e a velocidade $v = 2,2$ m/s		
c) Perda de carga no recalque J_r $J_r = J_u \times l_t = 0,16 \times 87,75$		14
Altura Total do recalque Hr		58

A altura manométrica será:

$$H = H_a + H_r = 4,28 + 58,10 = 62,38m$$

Cálculo da potência motriz:

$$N = \frac{1000 \cdot Q \cdot H}{75 \cdot \eta} = \frac{1000 \cdot 0,00435 \cdot 62,38}{75 \cdot 0,50} = 7,24cv$$

Observação: adotar uma bomba com 7,5 c.v.

5.6 DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES

5.6.1 Em campanha, sempre que necessário, deve existir a presença de um engenheiro do QEM (Quadro de Engenheiros Militares) para a coordenação e realização de trabalhos técnicos e complexos, principalmente os de cunho mais específico. Desta forma, o engenheiro de arma tem a incumbência de missões que poderiam ser muito bem cumpridas com conhecimentos básicos de instalações, estabelecendo critérios e procedimentos a serem adotados de forma simplificada para a resolução das questões mais corriqueiras acerca do assunto.

5.6.2 A distribuição de água para um prédio, partindo de um reservatório superior, é feita por um sistema de encanamentos que compreende alguns tópicos abaixo discriminados:

- a) barrilete de distribuição – trata-se de um encanamento que liga entre si duas seções do reservatório superior, ou dois reservatórios superiores, e do qual partem derivações correspondentes às colunas de distribuição. Com isso, se evita a ligação de uma quantidade grande de encanamentos diretamente ao reservatório, o que é inconveniente;
- b) colunas de alimentação ou prumadas de alimentação – derivam do barrilete e, em seguida, descem verticalmente para alimentar os diversos pavimentos;
- c) ramais – são tubulações que derivam da coluna de alimentação e que servem a conjuntos de aparelhos sanitários; e
- d) sub-ramais – são tubulações que ligam os ramais às peças de utilização ou aos aparelhos sanitários. Portanto, um ramal pode alimentar vários sub-ramais.

5.6.3 CONSUMO MÁXIMO POSSÍVEL E PROVÁVEL

5.6.3.1 Como é fácil de se imaginar, salvo em instalações cujos horários de funcionamento são rígidos, como quartéis, colégios, *etc.*, nunca ocorre o caso de se utilizar todas as peças ao mesmo tempo. Há uma diversificação que representa economia no dimensionamento das canalizações. Assim, por exemplo, se uma pessoa utiliza o banheiro, poderá haver consumo de água na banheira, no vaso sanitário, no bidê ou no lavatório, nunca em todos

simultaneamente. A partir desse raciocínio, podemos dizer que existem, basicamente, dois métodos para se dimensionar instalações prediais de água fria, sendo o consumo máximo possível e o consumo máximo provável:

- consumo máximo possível é quando se torna como vazão da tubulação a soma da vazão de todas as peças alimentadas, supondo todas funcionando simultaneamente; e
- consumo máximo provável é quando se adota um número que representa o “peso” ou parcela de contribuição dos diversos aparelhos na vazão da tubulação que os alimenta. A tabela 5-7, a seguir, fornece as vazões e os pesos dos diversos pontos de utilização.

Peças de Utilização	Vazão	Peso
Bacia Sanitária com caixa de descarga	0,15	0,3
Bacia Sanitária com válvula de descarga	1,9	40
Banheira	0,3	1
Bebedouro	0,05	0,1
Bidê	0,1	0,1
Chuveiro	0,2	0,5
Lavatório	0,2	0,5
Mictório de descarga contínua, por metro ou por aparelho	0,075	0,2
Mictório de descarga descontínua	0,15	0,3
Pia de despejo	0,3	1
Pia de cozinha	0,25	0,7
Tanque de lavar	0,3	1

Tabela 5-7 – Pesos das peças de utilização

5.6.3.2 No dimensionamento pelo método do consumo máximo possível, a vazão é a soma das vazões de todos os aparelhos admitidos funcionando simultaneamente.

5.6.3.3 No dimensionamento pelo método do consumo máximo provável, a vazão num trecho da tubulação é dada pela fórmula:

$$Q = C \cdot \sqrt{\sum P} = 0,30 \cdot \sqrt{\sum P}$$

Onde:

- Q = vazão em l/s;
- C = coeficiente de descarga C = 0,3; e
- P = pesos de todas as peças suscetíveis de utilização simultânea.

5.6.4 VELOCIDADE MÍNIMA E MÁXIMA

5.6.4.1 De acordo com a Norma NBR 5626/82 da ABNT, as velocidades máximas devem se manter entre 2,0 a 2,5 m/s, acima do qual poderiam surgir ruídos e vibrações que tornem o ambiente incômodo.

5.6.5 PRESSÕES MÍNIMA E MÁXIMA

5.6.5.1 Semelhantemente à eletricidade (tensão de serviço), as peças de utilização devem trabalhar uma pressão mínima para o seu bom funcionamento. Por outro lado, a pressão estática máxima admissível para as peças de utilização é de 40 m de coluna de água (40 MCA). Em edifícios mais altos que isto, devem ser previstas caixas intermediárias ou válvulas redutoras de pressão.

Aparelho	Pressão Mínima (MCA)	Pressão Máxima (MCA)
Torneira de boia de caixa de descarga	0,5	40
Válvula de descarga de 1 ½” (40 mm)	2,0	6
Válvula de descarga de 1 ¼” (32 mm)	3,0	15
Válvula de descarga de 1” (25 mm)	10,0	40
Válvula de descarga de ¾” (20 mm)	12,0	40
Torneira	1,0	40
Chuveiro	0,5	40
Aquecedor a gás automático (baixa pressão)	1,0	5
Aquecedor a gás automático (alta pressão)	1,0	40
Aquecedor elétrico (alta pressão)	0,5	40
Aquecedor elétrico (baixa pressão)	0,5	4

Tabela 5-8 – Pressões estáticas mínimas e máximas nas peças

5.6.6 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

5.6.6.1 O dimensionamento deve ser executado partindo do ponto de utilização em direção ao reservatório superior e seguido de uma verificação em sentido inverso, que leva em conta as perdas de cargas localizadas e garante a pressão mínima de serviço para os aparelhos.

5.6.7 DIMENSIONAMENTO DOS SUB-RAMAI

5.6.7.1 Os sub-ramais são dimensionados pela tabela 5-9.

Peças de Utilização	Diâmetro Nominal	
	DN (mm)	Ref
Aquecedor de baixa pressão	20	3/4"
Aquecedor de alta pressão	15	1/2"
Bacia sanitária com caixa de descarga	15	1/2"
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 20mm (3/4")	32	1 1/4"
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 25mm (1")	32	1 1/4"
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 32mm (1 1/4")	40	1 1/2"
Bacia sanitária com válvula de descarga de DN 32mm (1 3/4")	40	1 1/2"
Banheira	15-20	1/2" - 3/4"
Bebedouro	15	1/2"
Bidê	15	1/2"
Chuveiro	20	3/4"
Filtro de pressão	15	1/2"
Lavatório	15	1/2"
Máquina de lavar pratos	20	3/4"
Máquina de lavar roupas	20	3/4"
Mictório de descarga contínua, por metro ou por aparelho	15	1/2"
Mictório auto-aspirante	20	3/4"
Pia de cozinha/ de despejo	20	3/4"
Tanque de lavar roupa	20	3/4"

Tabela 5-9 – Diâmetro dos sub-ramais

5.6.8 DIMENSIONAMENTO DOS RAMAIS DE ALIMENTAÇÃO

5.6.8.1 O dimensionamento dos ramais é feito pelo método de consumo simultâneo máximo possível ou consumo simultâneo máximo provável.

5.6.9 CONSUMO SIMULTÂNEO MÁXIMO POSSÍVEL

5.6.9.1 Este método é empregado quando puder ocorrer o consumo simultâneo efetivo de todos os aparelhos. Este é o caso de quartéis, colônias de férias e outros locais onde o consumo é condicionado a horários preestabelecidos.

5.6.9.2 Para fácil escolha do diâmetro, toma-se como base ou unidade, o tubo de 15 mm (1/2") e refere-se a ele os diâmetros dos demais tubos. Assim, se quisermos dimensionar um ramal, basta converter os diversos sub-ramais que ele alimenta em pesos de equivalência, somá-los e verificar que o tubo cuja equivalência seja maior ou igual a soma das equivalências obtidas. Este é o diâmetro a ser adotado para o ramal.

Diâmetro do encanamento		Número de encanamentos de 15 mm (1/2") com a mesma capacidade
Mm	Polegadas (")	
15	1/2"	1
20	3/4"	2,9
25	1"	6,2
32	1 1/4"	10,9
40	1 1/2"	17,4
50	2"	37,8
60	2 1/2"	65,5
75	3"	110,5
100	4"	189,0
150	6"	527,0
200	8"	1.200,00

Tabela 5-10 – Equivalência

5.6.9.3 Segue abaixo um exemplo de um ramal para atender às peças de uso simultâneo em uma instalação de serviços com uma pia de cozinha (1/2"), um vaso sanitário com caixa (1/2") e um tanque de lavar (3/4").

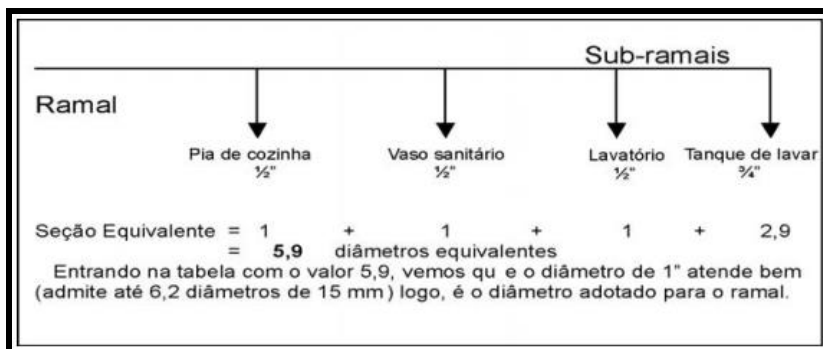


Tabela 5-11 – Ramal para atender às peças de uso simultâneo em uma instalação de serviços

5.6.10 CONSUMO SIMULTÂNEO MÁXIMO PROVÁVEL

5.6.10.1 Como é fácil de imaginar, salvo em instalações, cujos horários de funcionamento são rígidos, como quartéis, colégios e outros, nunca há o caso de se utilizarem todas as peças ao mesmo tempo. Há uma diversificação que representa economia no dimensionamento das canalizações. Assim sendo, não precisa utilizar um diâmetro para as tubulações, que seja capaz de fornecer uma vazão igual à soma das vazões de todas as peças que alimenta, mas a máxima vazão que ocorrerá quando se der o uso simultâneo de algumas delas, que mais provavelmente costumam coincidir.

5.6.10.2 Para determinar a probabilidade de uso simultâneo das diversas peças, alguns estudiosos, após longas observações e experimentos, estabeleceram pesos para cada uma, que correspondem, de uma forma indireta e aproximada, a probabilidade de ela contribuir para a vazão máxima que pode ocorrer. Com base nesta vazão, então, iremos dimensionar nossa tubulação que consiste em atribuir “pesos” às várias peças de utilização para definir suas demandas, somar os pesos das diversas peças ($\sum P$) e calcular a descarga necessária ao ramal utilizado a fórmula abaixo:

$$Q = 0,30 \cdot \sqrt{\sum P}$$

5.6.10.3 Obtida a descarga (vazão a considerar), com o emprego dos ábacos de dimensionamento, deve-se determinar o diâmetro a utilizar, ou pode-se utilizar o ábaco para definição de diâmetros em função da soma dos pesos.

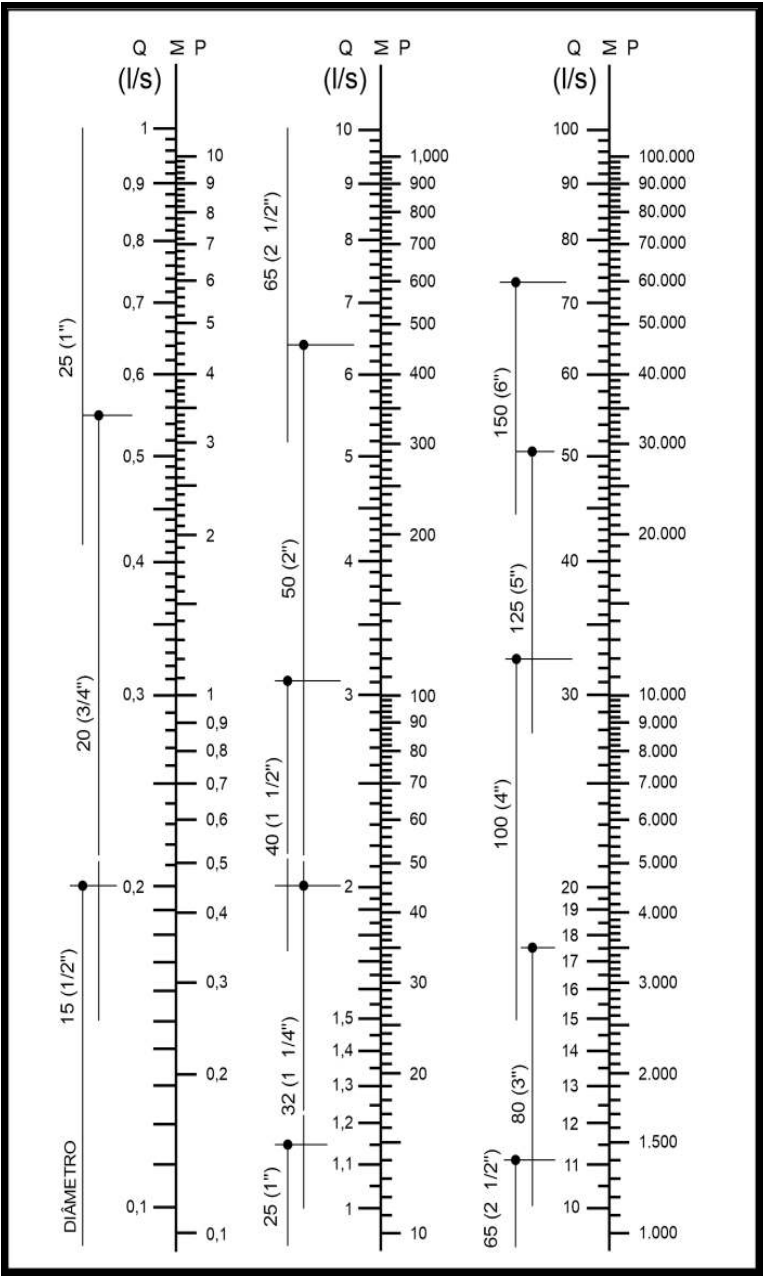


Fig 5-5 – Para tubulação de ferro e aço galvanizado

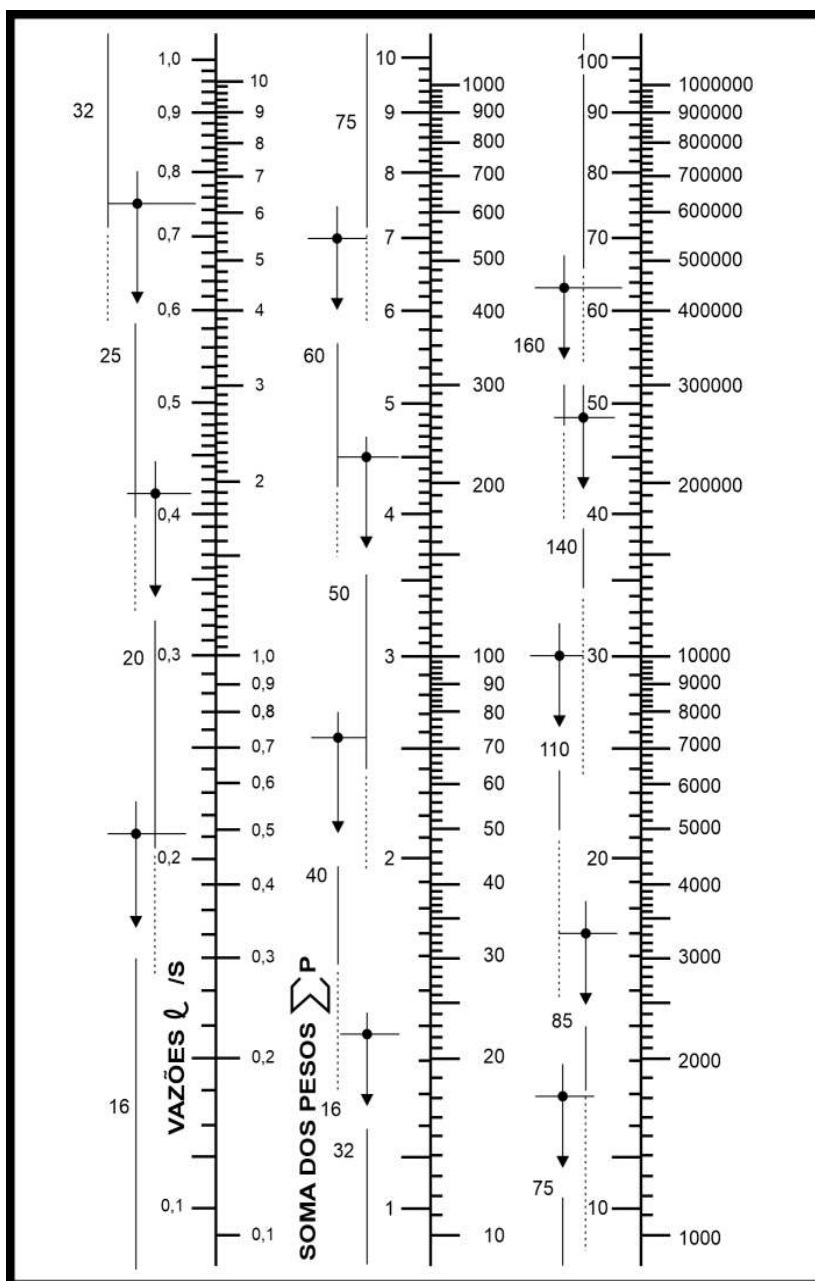


Fig 5-6 – Para tubulação de PVC

5.6.10.4 Pelo processo nunca se somam vazões (l/s), mas apenas pesos para todos os trechos da rede de distribuição. Somente depois de determinado o peso correspondente a um dado trecho é que se passa ao cálculo da vazão correspondente, conforme exemplo abaixo.

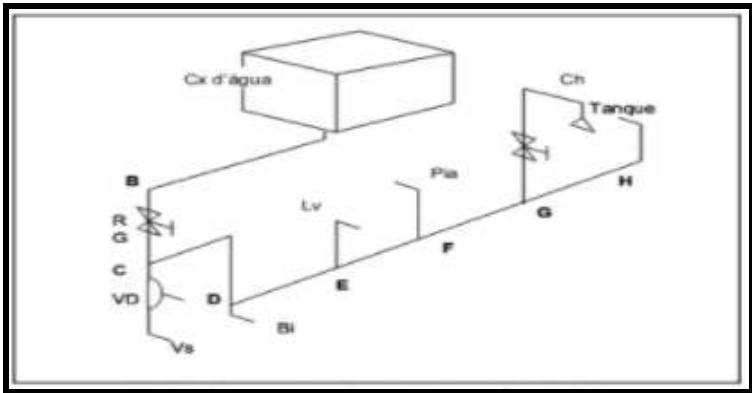


Fig 5-7 – Esquema isométrico da Instalação hidráulica

5.6.10.5 Levantamento de Pesos das Peças Sanitárias da Instalação

Levantamento	
Peças	Pesos
1 Vaso com válvula de descarga	40,0
1 Bidê	0,1
1 Lavatório	0,5
1 Chuveiro	0,5
1 Pia de cozinha	0,7
1 Tanque de lavar	1,0
Soma	42,8

Tabela 5-12 – Pesos das peças sanitárias

5.6.10.6 De acordo com o levantamento dos pesos das peças sanitárias, vai-se acumulando o total determinado para as peças, conforme os trechos demarcados por letras (trechos da tubulação). Com o valor acumulado (pesos), entra-se no ábaco da Fig 5-5. No lado direito de cada uma das três colunas,

têm as somas dos pesos. Do lado esquerdo, a bitola em “mm” para tubos de aço galvanizado. A Fig 5-6 apresenta o mesmo ábaco para tubulações em PVC. Se a soma cair dentro da linha pontilhada (que aparece na coluna das bitolas), deve-se usar o diâmetro imediatamente superior.

Trecho	Peso Acumulado	Diâmetro
GH	1	20 mm ($\frac{3}{4}$ ")
FG	$1 + 0,5 = 1,5$	25 mm
EF	$1,5 + 0,7 = 2,2$	25 mm
DE	$2,2 + 0,5 = 2,7$	25 mm
CD	$2,7 + 0,1 = 2,8$	25 mm
BC	$2,8 + 40 = 42,8$	50 mm

Tabela 5-13 – Cálculo do peso acumulado

5.6.10.7 No exemplo da tabela 5-13, o valor 42,8 já encosta na linha pontilhada e, portanto, deve-se usar diâmetro 50 mm até a válvula de descarga (trecho BC). Tirando o valor de 40,0 do peso total, devido à válvula de descarga do vaso sanitário, sobra a soma de 2,8 e verifica-se o diâmetro correspondente a este valor. Acharmos a bitola de 25 mm, ou seja, $\frac{3}{4}$ " (trecho CD). Isto significa que a partir da válvula de descarga podemos usar tubos de 25 mm de diâmetro. Procede-se da mesma forma para os demais trechos, determinando os diâmetros mínimos a adotar.

5.6.10.8 Mesmo que os diâmetros determinados sejam diferentes, pode-se empregar o maior deles em um longo trecho da instalação para evitar excessivas mudanças de diâmetro e, com isto, facilitar a manutenção, principalmente quanto à questão das peças de reposição, desde que isto não atente contra o aspecto econômico.

5.6.10.9 Deve-se considerar as perdas de carga nas tubulações e conexões e calcular as pressões reinantes nos pontos de serviço da instalação, porém, para fins de aplicação em campanha, o que foi acima explanado é suficiente e mais prático de aplicar. Caso exista alguma instalação de maior vulto a ser realizada em campanha, a unidade em operação terá de contar com a presença de um engenheiro do QEM.

5.7 DIMENSIONAMENTO DAS COLUNAS DE ALIMENTAÇÃO

5.7.1 Para o cálculo das colunas de alimentação, pode-se proceder exatamente como descrito no item anterior para realizar o cálculo dos ramais. No entanto, é recomendável utilizar a planilha de cálculo de instalações prediais de água fria, sugerida pela NBR 5626/82, que se presta tanto ao cálculo de ramais como de colunas de alimentação.

5.7.2 Como método de explanação do uso da planilha, faz-se o cálculo da coluna de alimentação. O exemplo consta de um prédio de quatro andares cuja coluna de alimentação dos banheiros pretende dimensionar. A suposição é que seja empregada uma tubulação de aço galvanizado.

5.7.3 A ordem de cálculo da planilha é a seguinte. Primeiramente marca-se o número de cada coluna de água, depois indica-se os trechos compreendidos entre cada dois ramais, a partir da primeira derivação que é a do barrilete. Assim têm-se: BC, CD, EF e FG e depois somam-se os pesos de cada ramal para ter-se o peso do ramal (podem ser diferentes, embora no exemplo sejam sempre iguais). Após isso, somam-se os pesos de cada pavimento (ramal) e calculam-se os pesos acumulados, contados de baixo para cima. Finalmente, calculam-se as vazões correspondentes aos pesos acumulados, usando a fórmula:

$$Q = 0,30 \cdot \sqrt{\sum P}$$

5.7.4 Procura-se manter as velocidades abaixo do limite. A sugestão é procurar manter as velocidades entre os valores aproximados de 1,5 a 2,5 m/s. Para que isso ocorra, verifica-se a pressão disponível. Ela deve ser capaz de atender à soma das pressões de serviço das peças de utilização do ramal. Também não pode ser superior a 40 MCA. Finalmente, faz-se a verificação da planilha.

Aparelho ou peça	Diâmetro do Sub-ramal	Descarga l/s	Pressão mínima de serviço em mca
Lavatório	½	12	1
Bidê	½	16	1
Banheira	¾	18	1
Aquecedor de alta pressão	1 ½	18	1
Aquecedor de baixa pressão	1	18	0,5
Chuveiro	¾	18	0,5
Mictório com descarga contínua	½	4,5	0,5
Mictório de caixa automática	½	9	0,5
Pia de cozinha	½	15	1,5
Pia de despejo	¾	18	1,9
Tanque de lavar	½	18	1,8
Máquina de lavar prato	¾	18	3
Bebedouro	½	3	2
Vaso sanitário com caixa de descarga	½	9	0,5
Vaso com válvula de descarga	1	114	20
Vaso com válvula de descarga	1 ¼	114	8
Vaso com válvula de descarga	1 ½	114	3,5
Vaso com válvula de baixa pressão	1 ½	114	2 a 2,5
Máquina de lavar roupas	¾	18	0,5

Tabela 5-14 – Consumo e pressão nas peças e aparelhos sanitários

5.7.5 Para a solução do exercício proposto, supõe-se que esta seja a 3ª coluna do prédio, conforme definição dos trechos (Fig 5-7).

5.7.6 Na tabela 5-12, os pesos para vaso sanitário com válvula de descarga é de 40,0, para lavatório é de 0,5 e para o chuveiro é de 0,5, sendo o total dos pesos das peças por ramal de 41,0.

5.7.7 Os pesos acumulados nos diversos (4) pavimentos podem ser observados na planilha de cálculo da instalação, tabela 5-13. Com os pesos acumulados, calculam-se as vazões, utilizando a fórmula mostrada. Com as vazões, e buscando manter as velocidades em torno de 1,5 a 2,5 m/s, escolhe-se, nos ábacos das Fig 5-2 e 5-3 os diâmetros a adotar. Para os diversos diâmetros adotados, calcula-se as perdas de carga unitárias (nos ábacos), e calcula-se os comprimentos e perdas de carga nos trechos da coluna. Pelos dados do desenho, determina-se a pressão disponível e, deduzindo desta, a perda de carga, obtém-se a pressão a jusante. Os diversos cálculos necessários podem ser observados na planilha de cálculo da tabela 5-14.

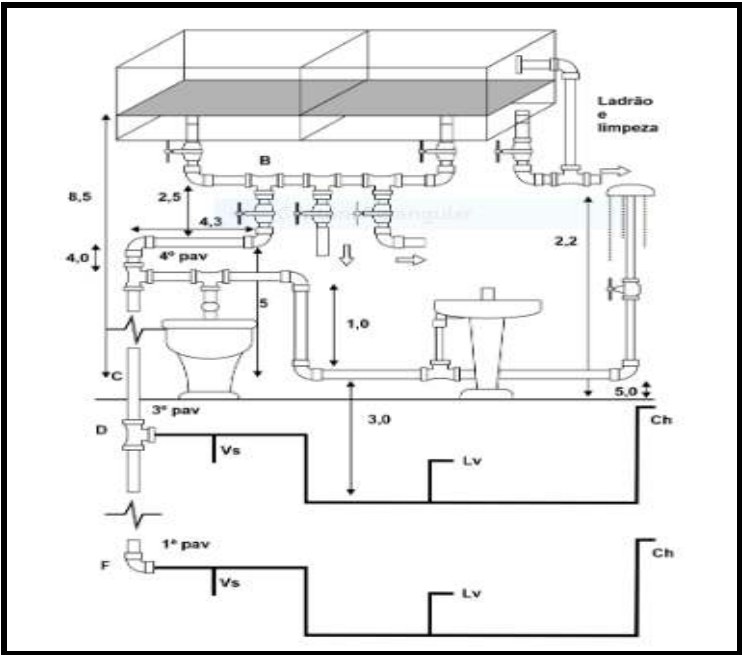


Fig 5-8 – Esquema (exemplo) da distribuição de água no prédio – colunas de alimentação

5.8 TIPOS DE BARRILETE

5.8.1 Os barriletes ou também chamados colares de distribuição ou, ainda, *manifolds* são os trechos de tubulação de onde partem as colunas que devem ser ligadas diretamente ao reservatório superior, ocasionando-lhe inúmeros pontos de estanqueidade difíceis.

5.8.2 Os barriletes podem ser unificados ou ramificados, conforme se pode observar na Fig 5-9.

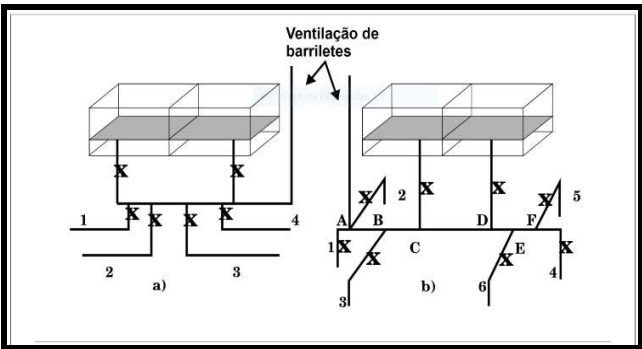


Fig 5-9 – Barriletes unificado e ramificado

5.8.3 DIMENSIONAMENTO DO BARRILETE

5.8.3.1 Para o cálculo de barrilete unificado, calculam-se os pesos de cada coluna que ele alimenta, somam-se estes pesos e, então, é calculada a vazão nele ocorrente. Com esta vazão e utilizando os ábacos de dimensionamento (Fig 5-2, 5-3 e Tab 5-3 ,5-4) determina-se o diâmetro do barrilete.

5.8.3.2 No caso de utilizarem-se os ábacos das Fig 5-2 e 5-3, que é o procedimento mais adequado, considera-se, para entrada nos ábacos, a vazão calculada e a perda de carga admitida por Hunter que tem o valor de 8 m/100 m, ou seja, $J_u = 0,08$. Adota-se, então, o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro determinado no ábaco.

5.8.3.3 Alguns autores recomendam utilizar, para a determinação do diâmetro do *manifold*, a metade da vazão calculada, uma vez que consideram que a descarga será suprida por ambas as partes do reservatório.

5.8.3.4 Adota-se, então o D comercial de 4", onde, para a vazão estabelecida, entrando novamente no ábaco, obtém-se uma perda de carga de 0,07 m/m. Observação: a velocidade está abaixo do valor limite.

Coluna	Somatório dos pesos das peças da coluna	$Q \text{ (l/s)} Q = 0,3 \times (\text{Somatório P})^{1/2}$	Diâmetro inicial da coluna e barrilete
1	600	7,36	2 ½
2	800	8,48	2 ½
3	750	8,22	2 ½
4	875	7,2	2 ½
Somatório P	2725	15,66	2 ½

Tabela 5-15 – Cálculo de barrilete

Coluna	ΣP	Trecho	Q (descarga l/s)	Diâmetro	
				mm	Pol
1	450	1A	6,36	60	2 ½
2	780	2A	8,38	60	2 ½
	1230	AB	10,52	75	3
3	640	3B	7,59	60	2 ½
	1870	BC	12,97	75	3
4	320	4F	5,37	60	2 ½
5	430	5F	6,22	60	2 ½
	750	EF	8,22	60	2 ½
6	280	6E	5,02	50	2
	1030	ED	9,63	75	3
Barrilete GCDH	2900	GCDG	16,16	100	4

Tabela 5-16 – Cálculo de barrilete

5.8.3.5 Entrando no ábaco da Fig 5-2 com os valores de $Q=15,66\text{ l/s}$ e $J_u=0,08\text{ m/m}$, obtém-se um diâmetro de 3,8" que naturalmente não existe no comércio. Adota-se, então o D comercial de 4", onde, para a vazão estabelecida, entrando novamente no ábaco, obtém-se uma perda de carga de 0,07m/m. Observar que a velocidade está abaixo do valor limite.

5.8.3.6 Para o cálculo de barrilete ramificado, basicamente, procede-se da mesma forma que no caso de barrilete unificado, tomando-se o cuidado de distinguir os trechos que efetivamente colaboram para a descarga que passa pelo trecho em consideração.

5.9 REDES DE DISTRIBUIÇÃO RAMIFICADA E MALHADA

5.9.1 As redes de distribuição constituem-se de tubulações troncos, mestras ou principais alimentadas diretamente por um reservatório (de montante se localizado antes das derivações) ou diretamente por uma adutora em parceria comum reservatório de jusante (localizado depois das derivações), das quais

parte mais tubulações secundárias (derivações) que se distribuem pelas diversas artérias de alimentação.

5.9.2 As redes ramificadas (Fig 5-10) caracterizam-se por uma artéria principal de onde partem transversais que vão alimentar os diversos pontos de consumo. Nas tubulações, a água desloca-se, invariavelmente, em um único sentido, isto é, da tubulação tronco para a extremidade morta. Estas redes apresentam a desvantagem de não permitir a continuidade do suprimento a um determinado ponto quando alinha sofre rompimento em algum ponto. Apresentam, no entanto, a vantagem de serem mais simples de calcular e de execução mais barata e rápida.

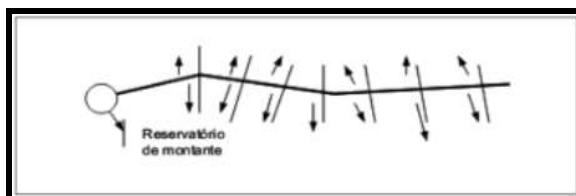


Fig 5-10 – Rede ramificada

5.9.3 As redes malhadas são aquelas cujos condutos formam verdadeiras malhas (Fig 5-11), nos quais a água se desloca, ora num sentido, ora noutro, em função das solicitações de consumo. Este tipo de rede apresenta a vantagem de possibilitar que um ponto de consumo (edificação) continue sendo suprido mesmo que o encanamento tenha sido rompido em um ponto qualquer. Porém, como desvantagem, apresenta maior complexidade de cálculo e maior custo de execução.

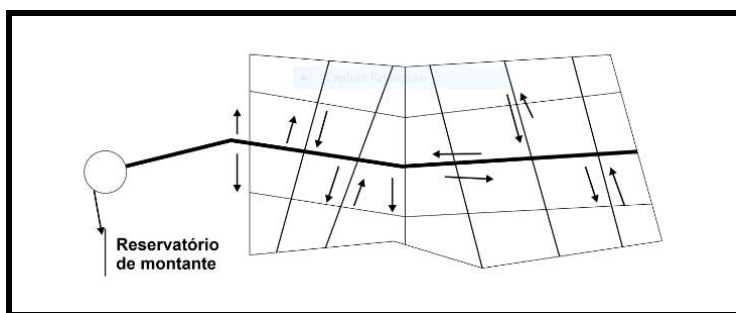


Fig 5-11– Rede malhada

5.9.4 Este manual abordará somente as redes ramificadas, uma vez que, as malhadas são utilizadas em centros urbanos de traçado mais complexo e que, além de atender melhor, as redes ramificadas apresentam a grande vantagem da simplicidade de cálculo e execução, aliados a um menor custo.

5.10 PROJETO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

5.10.1 O projeto de uma rede compreende as seguintes fases: o traçado da canalização, o cálculo dos consumos diários, o cálculo das perdas de cargas admissíveis, a seleção dos diâmetros das canalizações, a verificação das pressões de serviço e a verificação das pressões disponíveis a jusante das derivações.

5.10.2 O traçado da canalização é feito em carta topográfica ou em esboço. Nenhum ponto da canalização deve ter pressão menor do que a pressão mínima necessária ao funcionamento dos aparelhos de um prédio. No TO, o traçado das canalizações segue o traçado das ruas, devendo evitar grande número de cruzamentos, a fim de não interromper o tráfego em casos de reparo na rede.

5.10.3 Para o cálculo das necessidades de água devem ser levados em consideração fatores como:

- a) o consumo médio diário, que é a taxa de água, normalmente expressa em l/homem por dia. O valor varia com o padrão e a finalidade das construções (ver tabela 5-5);
- b) o efetivo da população, que é o valor conhecido ou estimado para a população que ocupará o prédio; e
- c) os grandes consumidores, que é a expressão utilizada para designar instalações em que o consumo de água não é relacionado diretamente com o efetivo da população são exemplos: as lavanderias (consumo em l/Kg de roupa), o posto de lavagem de viaturas (cerca de 200 l/Vtr), os postos de descontaminação *etc.*

5.10.4 O consumo diário total (CDT) de água potável é a soma dos consumos diários (CD) de todas as edificações abastecidas pela rede de distribuição, sendo obtido pela expressão abaixo:

$$\text{CDT} = \text{Somatório (Consumo Médio Diário} \times \text{Efetivo da População)} + \text{Necessidade dos Grandes Consumidores}$$

5.10.5 No TO, a água a ser utilizada para o combate a incêndios, por motivos óbvios, não será tratada, portanto ela não faz parte do consumo diário total. Normalmente, é instalada uma canalização de abastecimento ligando a fonte a reservatórios convenientemente localizados. Eles devem ficar distanciados, no máximo, 300 m de qualquer prédio.

Efetivo (H)	Volume (L)
até 499	120.000
500 a 999	240.000
1.000 a 5.999	960.000
6.000 ou maior	1.900.000

Tabela 5-17 – Quantidade de água para o combate a incêndios

5.10.6 A perda de carga admissível é o valor máximo de perda de carga que pode ocorrer por atrito entre o reservatório e o ponto a suprir considerado. O diâmetro de canalização deve ser calculado para que a perda de carga total nas canalizações seja menor do que a admissível. Para calculá-la é necessário conhecer a cota do reservatório de onde parte a distribuição, a cota da derivação de entrada do prédio a ser suprido e a pressão mínima de serviço necessária. As cotas são obtidas por meio de cartas ou de levantamento topográfico e através do projeto. Por último, a pressão mínima necessária ao funcionamento, para instalações de TO, deve ser considerada como igual a 14 metros de coluna de água (14 MCA = 1,4 Kgf/cm²), nas derivações de entrada dos prédios. Esta especificação pode ser alterada para atender, principalmente, aos grandes consumidores (lavanderias, oficinas *etc.*).

5.10.7 A seleção dos diâmetros das canalizações é escolhida de forma a atender às vazões necessárias em cada edificação (derivações) e às perdas de carga admissíveis. Para sua determinação, deve-se calcular a vazão necessária para atendê-la através da fórmula abaixo:

$Q = \frac{CD}{86.400}$	Q = vazão necessária em l/s CD = Consumo Diário 86.400 = Nr segundos ao dia
-------------------------	--

CAPÍTULO VI

COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO

6.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

6.1.1 Um sistema de esgotos deve compreender a captação das águas cinzas e negras, sua condução para tratamento e o seu lançamento na natureza de forma menos impactante.

6.1.2 As instalações de esgoto em campanha diferenciam-se das instalações comuns por não serem definitivas. Além disso, visam a atender uma necessidade por tempo determinado.

6.2 REQUISITOS DE UMA INSTALAÇÃO DE COLETA

6.2.1 Uma instalação deve atender aos seguintes requisitos:

- a) realizar o rápido escoamento de despejos e fácil desobstrução;
- b) vedar a passagem de gases, patógenos e animais da canalização para o interior das edificações;
- c) evitar a ocorrência de vazamentos e da formação de depósitos no interior das tubulações;
- d) impedir que os gases provenientes do interior do sistema predial de esgoto sanitário atinjam áreas de utilização; e
- e) impedir a contaminação de água potável e gêneros alimentícios.

6.3 DEFINIÇÕES BÁSICAS

6.3.1 Aparelhos sanitários – aparelho ligado à instalação hidrossanitária e destinado ao uso da água para fins higiênicos ou a receber dejetos e águas servidas (Macintyre, 2010), exemplos: vaso sanitário, lavatório, pia *etc.*

6.3.2 Desconector – dispositivo provido de fecho hídrico, destinado a vedar a passagem de gases no sentido oposto ao deslocamento do esgoto.

6.3.3 Fecho hídrico – barreira líquida permanente que interpõe o sistema de esgotos sanitários, geralmente, em um dispositivo denominado genericamente de desconector – um sifão ou caixa sifonada (Fig 6-1).

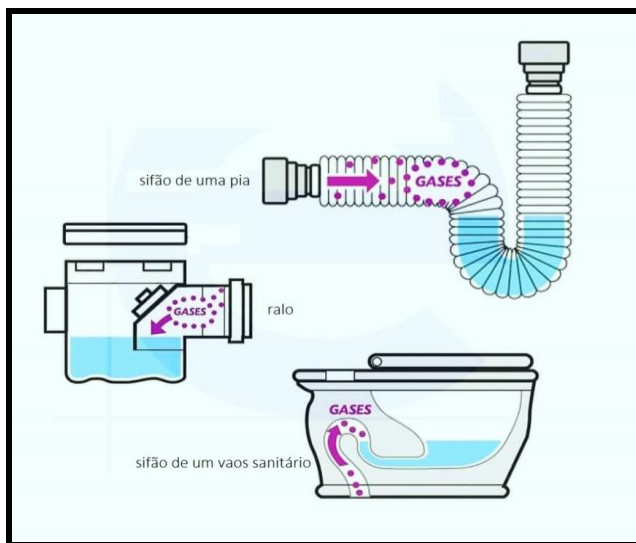


Fig 6-1 – Exemplos de fechos hídricos em desconectores

6.3.4 Esgoto primário – canalização onde tem acesso os gases provenientes do coletor público (duto instalado pelo poder público que coleta os esgotos das edificações) ou de onde escoa matéria fecal.

6.3.5 Esgoto secundário – canalização protegida por desconector contra o acesso de gases provenientes do coletor público ou de onde escoa matéria fecal.

6.3.6 Coluna de ventilação – canalização vertical destinada à ventilação de sifões sanitários. Todo esgoto sanitário deve ser ventilado.

6.3.7 Ramal de descarga – tubulação que recebe diretamente os efluentes de aparelhos sanitários (NBR 8160,1999).

6.3.8 Ramal de esgoto – tubulação primária que recebe os efluentes dos ramais de descarga diretamente ou a partir de um desconector (NBR 8160,1999).

6.3.9 Ramal de ventilação – é o tubo ventilador interligado ao desconector, ou ramal de descarga ou de esgoto de um ou mais aparelhos sanitários, a uma coluna de ventilação ou a um ventilador primário.

6.3.10 Tubo ventilador primário – é o tubo ventilador em prolongamento do tubo de queda acima do ramal mais alto a ele ligado, tendo sua extremidade superior aberta, situada acima da cobertura da instalação.

6.3.11 Tubo de queda – tubulação vertical que recebe efluentes de subcoletores, ramais de esgoto e ramais de descarga (NBR 8160,1999).

6.3.12 Subcoletor – tubulação que recebe efluentes de um ou mais tubos de queda ou ramais de esgoto (NBR 8160,1999).

6.3.13 Caixa de inspeção – caixa destinada a permitir a inspeção, limpeza, desobstrução, junção e mudanças de: cota, material, seção, declividade e/ou direção das tubulações.

6.3.14 Poço de visita – é uma caixa de inspeção com mais de um metro de profundidade, permitindo-lhe o acesso.

6.3.15 Coletor predial – é a tubulação, similar a um subcoletor, que reúne os despejos de toda a edificação e os conduz à rede pública ou à outra destinação que se faz necessária.

6.3.16 Unidade Hunter de Contribuição (UHC) – fator numérico que representa a contribuição considerada em função da utilização habitual de cada tipo de aparelho sanitário (NBR 8160, 1999). Uma UHC equivale a 28 l/seg (litros por segundo).

6.3.17 Caixa sifonada – caixa dotada de fecho hídrico, destinada a receber efluentes de aparelhos sanitários, com exclusão dos provenientes de bacias sanitárias (vaso sanitário), e descarregá-los diretamente em canalização primária.

6.3.18 Ralo – caixa dotada de grelha na parte superior, destinada a receber águas de lavagem de pisos ou de chuveiros (MACYNTRE, 2010).

6.3.19 Águas cinzas – águas provenientes da totalidade do esgoto doméstico ou comercial, derivadas dos vasos sanitários, chuveiros, lavatórios de banheiros, banheiras, tanques, máquinas de lavar roupas, pias de cozinha e lavagem de veículos.

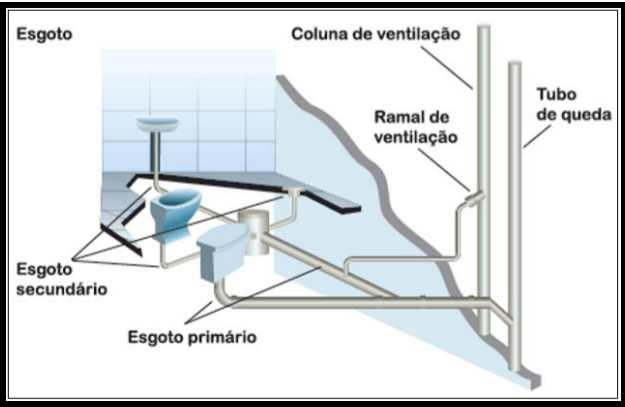


Fig 6-2 – Vista de uma instalação de esgoto

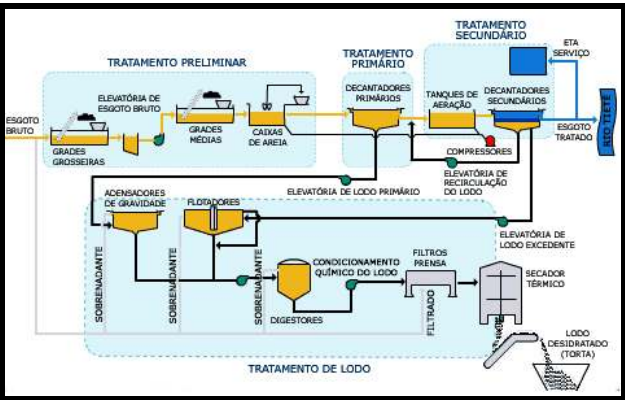


Fig 6-3 – Diagrama vertical de instalação de esgotos

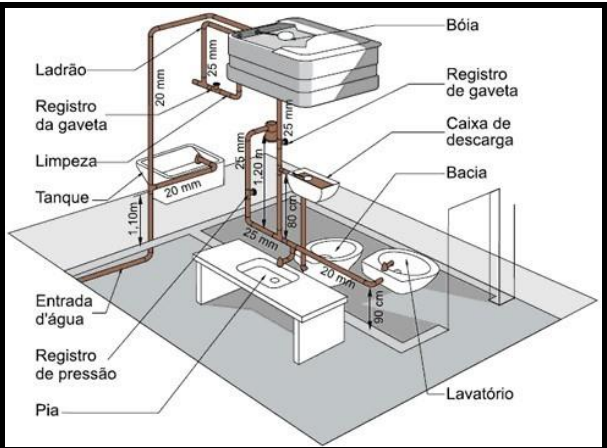


Fig 6-4 – Instalações de água fria e esgotos de um acampamento

6.4 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES DE ESGOTO

6.4.1 O dimensionamento de uma instalação de esgoto compreende o dimensionamento dos ramais de descarga, ramais de esgoto, tubos de queda, subcoletores, coletores prediais e colunas de ventilação. Ele é realizado sempre em função da UHC atribuída aos aparelhos sanitários contribuintes. Uma UHC equivale a 28 litros por minuto (l/min).

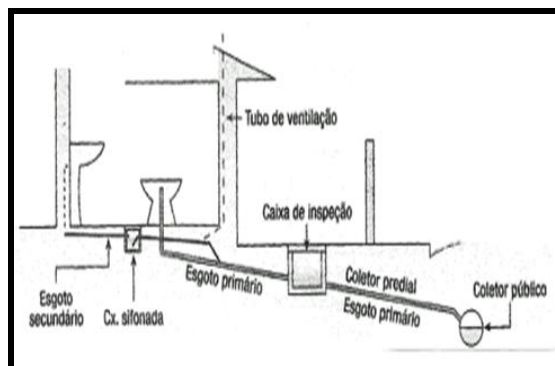


Fig 6-5 – Vista de uma instalação de esgoto residencial

6.4.2 RAMAIS DE DESCARGA

6.4.2.1 A determinação do diâmetro do ramal de descarga é feita por simples atribuição com base nos dados da tabela 6-1, que fornece os diâmetros mínimos a serem adotados para cada aparelho sanitário:

Aparelho	Nr de UHC	Dmin ramal mm (")
Banheira de residência	2	40 (1 ½")
Banheira de uso geral	4	40 (1 ½")
Banheira hidroterápica – fluxo contínuo	6	75 (3")
Bebedouro	0,5	40 (1 ½")
Bidê	1	40 (1 ½")
Chuveiro de residência	2	40 (1 ½")
Chuveiro de uso geral (coletivo)	4	40 (1 ½")
Lavatório de residência	1	40 (1 ½")
Lavatório de uso geral	2	40 (1 ½")
Lavatório de uso coletivo, p/ torneira.	1	50 (2")
Mictório com válvula de descarga	6	75 (3")
Mictório com descarga automática	2	40 (1 ½")
Mictório de calha, por metro	2	50 (2")
Mictório com caixa de descarga	5	50 (2")
Pia de residência	3	50 (1 ½")
Pia de grandes cozinhas (indústrias, hotéis e quartéis)	4	50 (2")
Pia de despejos	5	75 (3")
Ralo de piso	1	30 (1 ¼")
Tanque de lavar roupa	3	40 (1 ½")
Vaso sanitário	6	100 (4")
Máquina de lavar roupa até 30 Kg	10	75 (3")
Máquina de lavar roupa de 30 Kg a 60 Kg	12	100 (4")

Tabela 6-1– Número de UHC e diâmetro dos ramais de descarga dos diversos aparelhos

Observação: quando se emprega tubo de PVC, o diâmetro mínimo é de 40 mm; se o material for de ferro fundido, é de 50 mm.

6.4.3 RAMAIS DE ESGOTO

6.4.3.1 A determinação do diâmetro do ramal de esgoto é realizada com base na tabela 6-2.

Diâmetro nominal do Tubo DN – mm	Número máximo de UHC
40	3
50	6
75	20
100	160

Tabela 6-2 – Dimensionamento de ramais de esgoto segundo a NBR8160

6.4.3.2 Os valores de UHC, coletados da tabela 6-1, de cada aparelho que contribui para determinado ramal de esgoto são somados. Com este valor consulta-se a tabela 6-2, obtendo-se o diâmetro a ser utilizado para o ramal em apreço.

6.4.3.3 Nenhum vaso sanitário pode descarregar em ramal de esgoto com diâmetro inferior a 100 mm. E nenhum ramal de descarga pode descarregar em ramal de esgoto de diâmetro inferior ao seu.

6.5 TUBOS DE QUEDA

6.5.1 A determinação do diâmetro do tubo de queda é feita com base na tabela 6-3.

Diâmetro Nominal do tubo – DN (mm)	Número Máximo de UHC		
	Prédio com até 3 pavimentos	Prédio com mais de 3 pavimentos	
		Em 1 pavimento	Em todo o prédio
40	4	2	8
50	10	6	24
75	30	16	70
100	240	90	500
150	960	350	1.900
200	2.200	600	3.600
250	3.800	1.000	5.600
300	6.000	1.500	8.400

Tabela 6-3 – Tubos de queda (NBR 8160,1999)

Nota: nenhum vaso sanitário poderá descarregar em tubo de queda de diâmetro inferior a 100 mm.

6.5.2 Os tubos de queda recebem a contribuição de ramais de esgoto em cada pavimento, recolhendo os despejos ao longo de toda a edificação.

6.5.3 No caso de prédios com mais de três andares, primeiro, consulta-se a coluna da tabela que mostra o valor para um pavimento (aqui são somadas as UHC somente dos aparelhos que pertencem ao ramal de esgoto coletado neste andar), verificando-se o diâmetro recomendado. Logo em seguida, utilizando o valor de UHC, coletados ao longo de todo prédio, entra-se na coluna da tabela intitulada “em todo o prédio”, obtendo-se um segundo valor para o diâmetro do tubo de queda. Adota-se o maior dos dois.

6.6 COLETORES E SUBCOLETORES

6.6.1 Os coletores e subcoletores são as tubulações que recebem toda a contribuição de esgotos de um ou mais tubos de queda e de toda a edificação respectivamente. Eles são conectados através de caixas de inspeção ou de poços de visita, o que permite que se façam adequações a mudanças de: direção, declividade, cota, seção e material e se reúnam com outros dutos.

6.6.2 Apresentam inclinações suaves, normalmente coincidindo com os valores da tabela. Caso isto não ocorra, deve-se entrar na tabela de dimensionamento com o valor de inclinação imediatamente inferior ao utilizado.

6.6.3 A determinação do diâmetro dos coletores e subcoletores é feita com base na tabela 6-4.

Diâmetro Nominal do tubo –DN (mm)	Número Máximo de UHC			
	Declividade mínima (%)			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1.000
200	1.400	1.600	1.920	2.300
250	2.500	2.900	3.500	4.200
300	3.900	4.600	5.600	6.700
400	7.000	8.300	10.000	12.000

Tabela 6-4 – Dimensionamento de coletores e subcoletores (NBR 8160,1999)

6.7 RAMAIS DE VENTILAÇÃO

6.7.1 A determinação do diâmetro do ramal de ventilação é feita com base na tabela 6-5.

Grupo de aparelho sem vasos sanitários		Grupo de aparelhos com vasos sanitários	
Nr de UHC	DN do Ramal de Ventilação	Nr de UHC	DN do Ramal de Ventilação
Até 8	40	Até 17	50
9 a 18	50	18 a 36	75
19 a 36	75	37 a 60	75

Tabela 6-5 – Dimensionamento de ramais de ventilação

6.8 COLUNA E BARRILETE DE VENTILAÇÃO

6.8.1 As determinações dos diâmetros das colunas e barrilete de ventilação são feitas com base na tabela 6-6.

DN do Tubo de Queda	Nr UHC	DN mínimo do Tubo de Ventilação							
		30	40	50	60	75	100	150	200
		Comprimento máximo permitido do tubo ventilador (m)							
30	2	9	-	-	-	-	-	-	-
40	8	15	46	-	-	-	-	-	-
40	10	9	30	-	-	-	-	-	-
50	12	9	23	61	-	-	-	-	-
50	20	8	15	46	-	-	-	-	-
75	10	-	13	46	110	317	-	-	-
75	21	-	10	33	82	247	-	-	-
75	53	-	8	29	70	207	-	-	-
75	102	-	8	26	64	189	-	-	-
100	43	-	-	11	26	76	299	-	-
100	140	-	-	8	20	61	229	-	-
100	320	-	-	7	17	52	195	-	-
100	530	-	-	6	15	46	177	-	-
150	500	-	-	-	-	10	40	305	-
150	1.100	-	-	-	-	8	31	238	-
150	2.000	-	-	-	-	7	26	201	-
150	2.900	-	-	-	-	6	23	183	-
200	1.800	-	-	-	-	-	10	73	286
200	3.400	-	-	-	-	-	7	57	219
200	5.600	-	-	-	-	-	6	49	786
200	7.600	-	-	-	-	-	5	43	171

Tabela 6-6 – Dimensionamento de colunas e barrilete de ventilação

Observação: inclui-se no comprimento da coluna de ventilação o trecho do tubo ventilador primário entre o ponto de inserção da coluna e a extremidade aberta do ventilador.

6.9 CONVENÇÕES GRÁFICAS

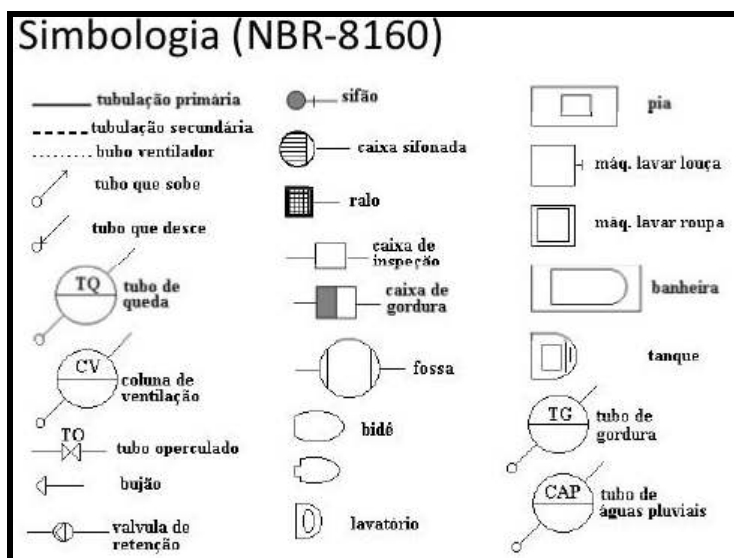


Fig 6-6 – Peças e aparelhos sanitários

6.10 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS E FOSSAS SÉPTICAS

6.10.1 O tratamento de esgoto é realizado pela retirada de poluentes da água, através de processos biológicos ou químicos associados a operações físicas de concentração e separação de sólidos.

6.10.2 Adequado a uma ZC, um sistema local de tratamento de esgotos, composto de tratamento primário, com o tanque séptico (fossa séptica), o tratamento secundário ou pós-tratamento (filtro anaeróbico ou aeróbio, vala de filtração *etc.*) e a disposição final do efluente (por infiltração ou escoamento superficial).

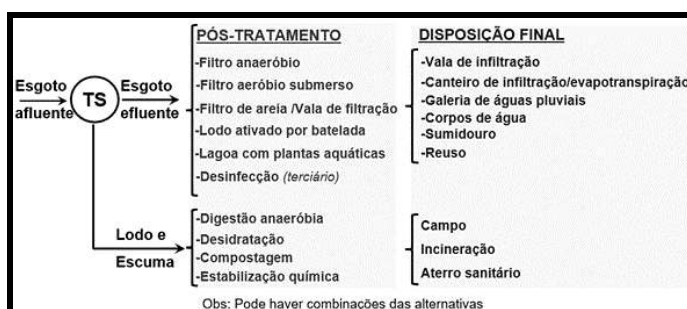


Fig 6-7 – Casos possíveis de instalação em sistema local de tratamento de esgotos (Fonte: NBR 13969/1997)

6.10.3 Quanto mais concentrado é o esgoto, mais fácil é a sua depuração. Por isso, deve-se procurar reduzir o volume de esgoto procurando mudar hábitos de usuários como: adotando aparelhos sanitários que usem menos água, desviar água de lavar roupa e de banho para a instalação após o tanque séptico e buscar o reuso de águas antes de lançá-las para tratamento final.

6.10.4 As diferentes características de temperaturas médias e índices pluviométricos, que variam de um local para outro, devem ser consideradas, pois os diversos processos de tratamento são afetados pelos fatores climáticos.

6.10.5 É importante considerar os padrões dos efluentes finais estabelecidos nas leis, para seleção das alternativas ao sistema local de tratamento de esgotos. Há poluentes, cuja tecnologia para sua remoção é onerosa. A substituição de alguns produtos em uso, pelos que produzem menos poluição, é menos custosa que a operação de um sistema complexo para remoção de poluentes agressivos.

Nota: a Resolução 357 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) estabelece parâmetros aos efluentes que voltam à natureza e classifica os corpos de água.

6.10.6 DESCRIÇÃO E FUNCIONAMENTO DO TANQUE SÉPTICO

6.10.6.1 A fossa séptica é um tanque constituído por alvenaria, concreto ou outro material que mantenha os aspectos básicos de segurança, longevidade e resistência, onde passam os dejetos vindos do vaso sanitário. É onde ocorre o processo de decantação, no qual a parte mais densa decanta sob ação da gravidade para formar o lodo e a menos densa sobe para flutuar na massa líquida, constituindo a espuma. A espuma formada por sua vez, impede a aeração de água, facilitando a decomposição por bactérias anaeróbicas. Esse tanque contém uma válvula de escape para que os gases produzidos pelas bactérias no processo de fermentação possam escapar.

6.10.6.2 Conforme Fig 6-8, o tanque vai enchendo, o líquido ali contido passa através de um duto na parte superior para a parte inferior no segundo tanque, o qual enche obrigando o líquido a passar por um filtro formado por rochas com cascalho e areia. Após esse processo de filtração, o líquido é depositado em outro tanque, denominado de sumidouro, onde posteriormente é reutilizado ou devolvido ao meio ambiente. Outros tipos estruturais da fossa séptica ainda incluem mecanismos para adição de reagentes como o cloro, que atua na desinfecção e fazendo parte do processo químico.

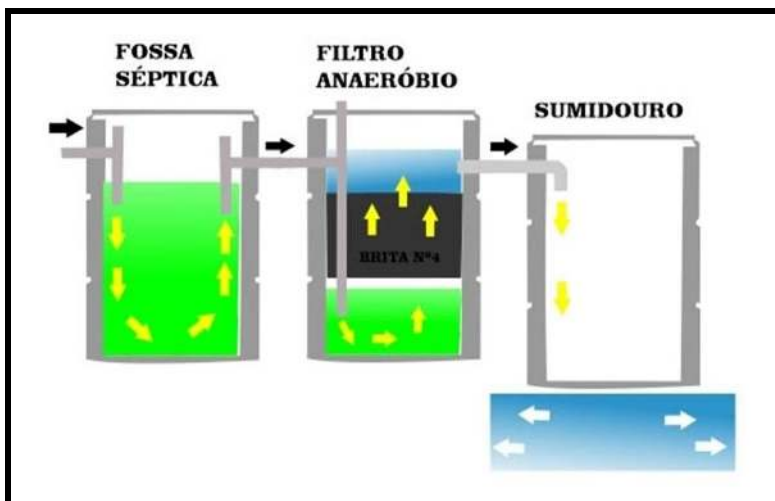


Fig 6-8 – Corte esquemático de uma fossa séptica

6.10.7 RESTRIÇÃO AO USO DE TANQUE SÉPTICO

6.10.7.1 Os despejos de cozinhas devem passar por caixas de gorduras antes de serem encaminhados às fossas sépticas.

6.10.7.2 Não é admissível o encaminhamento de águas pluviais às fossas sépticas.

6.10.7.3 A fossa deve ser localizada, no mínimo: a 15 metros de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza; a jusante de qualquer manancial de água (poço, cisterna, etc.); a 3 metros de árvores e de qualquer ponto de rede pública de abastecimento de água; e a 1,50 metros de construções, limites de terreno, sumidouros, valas de infiltração e ramal predial de água.

6.10.7.4 Não são encaminhadas às fossas substâncias gordurosas nem óleos minerais. Uma excessiva quantidade de detergentes, sabão e alvejante pode prejudicar a ação das bactérias ou destruí-las em maior ou menor escala.

6.10.7.5 A fossa séptica só deve ser utilizada quando não representar perigo para as águas subterrâneas.

6.10.7.6 O sistema de fossas sépticas não deve ser utilizado em áreas de encharque ou em ambientes com o solo muito impermeável, nessas situações a melhor alternativa é fazer um depósito provisório e encaminhar esses dejetos para uma lagoa facultativa que deve ser instalada mais distante das estruturas existentes. Esse depósito provisório pode ser realizado em estruturas de caixa

da água aterrada, desde que o local de depósito da caixa tenha suas paredes reforçadas (pode ser com madeira) e o fundo nivelado com brita. Essa estrutura de reforço para encaixar as caixas de coleta de esgoto é essencial para evitar que elas venham a se romper por desmoronamento do terreno sobre a caixa. Em situação de chuva para evitar que a caixa se movimente dentro do buraco por conta de acúmulo de água a camada de brita ajuda no processo de drenagem e nivelamento do terreno.

6.10.8 TERMINOLOGIA ADOTADA

6.10.8.1 Despejos – refugo líquido das edificações, excluídas as águas pluviais. Podem ser domésticas ou industriais, conforme a atividade que lhes dão origem.

6.10.8.2 Dejetos – matérias fecais expelidas de cada vez.

6.10.8.3 Digestão – decomposição bioquímica da matéria orgânica em substâncias e compostos mais simples e estáveis.

6.10.8.4 Escuma – massa constituída por graxos (gorduras) e sólidos em mistura com gases que ocupa a superfície livre do líquido no interior das fossas.

6.10.8.5 Lodo digerido – massa semilíquida, resultante da digestão da matéria orgânica, que se deposita no fundo da fossa séptica por decantação.

6.10.8.6 Lodo fresco – massa semilíquida constituída pelos despejos retidos no interior da fossa, antes de manifestarem-se os fenômenos da digestão.

6.10.8.7 Período de armazenamento – intervalo de tempo entre duas operações consecutivas de remoção (limpeza) do lodo digerido da fossa séptica, excluído o tempo de digestão.

6.10.8.8 Processo de decantação – é um processo de separação que permite separar misturas heterogêneas.

6.10.8.9 Processo de fermentação – é um processo de obtenção de energia que ocorre sem a presença de gás oxigênio, portanto, trata-se de uma via de produção de energia anaeróbia.

6.10.8.10 Profundidade útil – distância vertical entre o nível do líquido e o do fundo da fossa.

6.10.8.11 Tratamento primário – remoção parcial e digestão da matéria orgânica em suspensão nos despejos.

6.10.8.12 Sumidouro – faz parte do sistema de fossa séptica e desempenha uma importante função na hora de tratar os efluentes da residência.

6.10.9 TIPOS DE FOSSAS SÉPTICAS

6.10.9.1 As fossas sépticas podem ser de câmara única, de câmaras sobrepostas ou de câmaras em série.

6.10.9.2 As fossas de câmara única podem ser prismáticas ou cilíndricas, conforme se pode observar nas Fig 6-9 e 6-10.

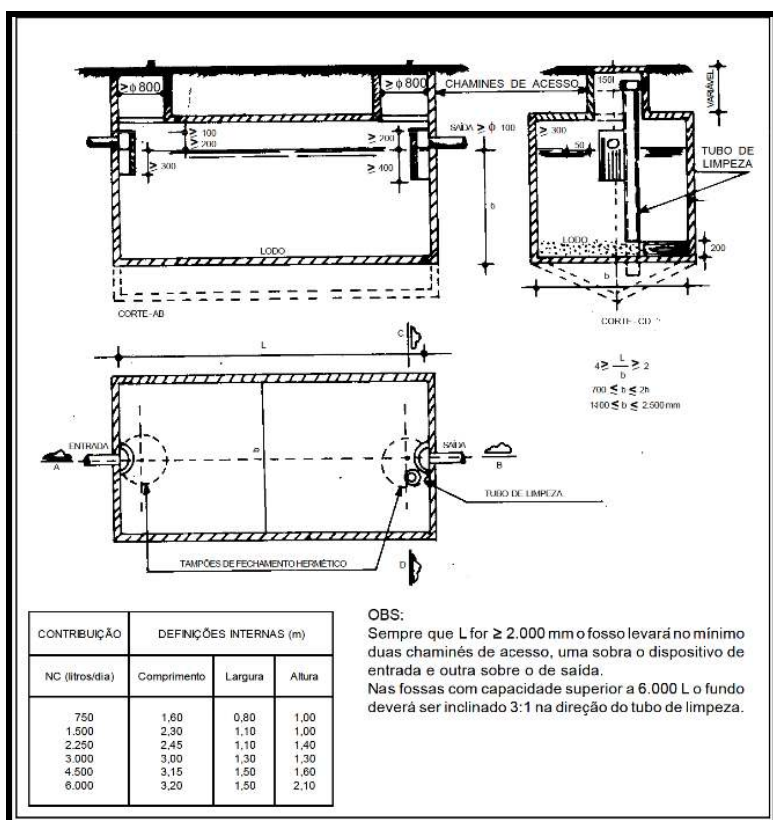


Fig 6-9 – Fossa séptica prismática

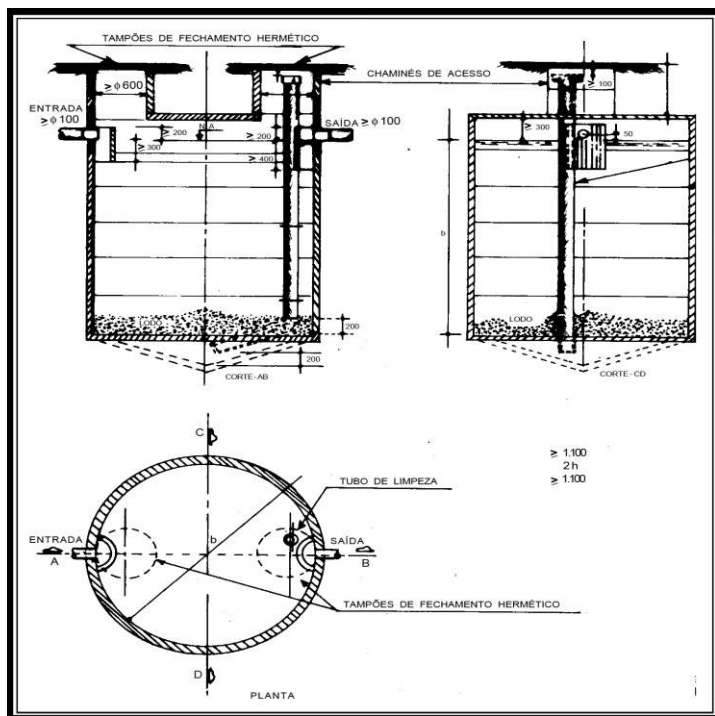


Fig 6-10 – Fossa séptica cilíndrica

6.10.10 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE TANQUES SÉPTICOS DE CÂMARA ÚNICA

6.10.10.1 Para o dimensionamento de fossas sépticas de câmara única, usa-se a fórmula simplificada:

$$V = N \cdot (C \cdot T + 100 \cdot Lf)$$

Onde:

V = volume útil (litros);

N = quantidade de unidades de contribuição;

C = contribuição de despejos (litros/pessoa/dia) – (Tabela 6-7);

T = período de retenção (dias) – (Tabela 6-8);

K: Taxa de acumulação de lodo digerido (dias), equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco; e

Lf = contribuição de lodo fresco (litros/pessoa/dia) – (Tabela 6-7).

Prédio	Unidade	Contribuição (litros/unidade.dia)	
		Esgotos (C)	Lodo Fresco (Lf)
1 – Ocupantes Permanentes			
Hospitais	Leito	250	1
Apartamentos	Pessoa	200	1
Residências	Pessoa	150	1
Escolas – internatos	Pessoa	150	1
Quartéis	Pessoa	150	1
Casas populares – rurais	Pessoa	120	1
Hotéis – sem cozinha e lavanderia	Pessoa	120	1
Alojamentos provisórios	Pessoa	80	1
2 – Ocupantes Temporários			
Fábrica em geral (só os despejos domésticos)	Operário	70	0,3
Escolas – externatos	Pessoa	50	0,2
Edifícios públicos ou comerciais	Pessoa	50	0,2
Escritórios	Pessoa	50	0,2
Restaurantes e similares	Refeição	25	0,1
Cinemas, teatros e templos.	Lugar	2	0,02

Tabela 6-7 – Contribuições unitárias de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupantes

Contribuição em litros por dia (C1) (C x números de pessoas)	Período de Detenção	
	Em horas	Em dias (T)
Até 6.000	24	1
6.000 a 7.000	21	0,875
7.000 a 8.000	19	0,79
8.000 a 9.000	18	0,75
9.000 a 10.000	17	0,71
10.000 a 11.000	16	0,67
11.000 a 12.000	15	0,625
12.000 a 13.000	14	0,585
13.000 a 14.000	13	0,54
Acima de 14.000	12	0,50

Tabela 6-8 – Período de detenção dos despejos

$V = 1000 + N (C.T + K.Lf)$			
Tab. 6.12 Contribuição Diária de Esgoto (C) e de Lodo Fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante			
Prédio	Unidade	Contribuição (litro/un.dia)	
		Esgoto (C)	Lodo Fresco (Lf)
1. Ocupantes Permanentes*			
Hospitais	leito	250	1
Apartamentos	pessoa	200	1
Residências, quartéis, internatos	pessoa	150	1
Casas populares - rurais	pessoa	120	1
Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	120	1
Alojamento provisório.	pessoa	80	1
2. Ocupantes Temporários			
Fábrica em geral:	pessoa	70	0,3
Escritório; Edifícios públicos ou comerciais; Escola (externatos) e locais de longa permanência.	pessoa	50	0,2
Bares;	pessoa	6	0,1
Restaurantes e similares;	refeições	25	0,1
Cinema teatros e locais de curta permanência.	lugar	2	0,02
Sanitários públicos*	vaso	480	4
*Apenas de acesso aberto ao público: (estação rodoviária, ferroviária, lagoadoiro público, estádio esportivo etc.)			
Tab. 6.13 Período de Detenção (T) de Despejos, por Faixa de Contribuição Diária			
Contribuição Diária (L)	Tempo de Detenção (T)		
	Dias	Horas	
Até 1500	1,00	24	
De 1501 a 3000	0,92	22	
De 3001 a 4500	0,83	20	
De 4501 a 6000	0,75	18	
De 6001 a 7500	0,67	16	
De 7501 a 9000	0,58	14	
Mais que 9000	0,50	12	
Tab. 6.14 Taxa de acumulação total de lodo (K) em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio			
Intervalos entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C		
	t < 10	10 < t < 20	t > 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Algoritmo para cálculo do volume de esgoto (NBR 7229/1993 e *Macintyre)

Tabela 6-9 – Algoritmo para cálculo do volume de esgoto

6.10.11 EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE TANQUE SÉPTICO

6.10.11.1 Dimensionar uma fossa séptica de câmara única, de forma prismática retangular, para uma instalação residencial com quatro pavimentos, tendo em cada pavimento 06 (seis) apartamentos de dois quartos e com dependência de empregada.

6.10.11.2 Solução:

$N = 4 \text{ andares} \times 6 \text{ apartamentos} \times 5 \text{ ocupantes} = 120 \text{ contribuintes}$
 $C = 200 \text{ litros/pessoa/dia (Tabela 6-7)}$
 $T = 0,5 \text{ dias (o despejo total diário é de } 120 \times 200 = 24.000 \text{ litros) (Tabela 6-8)}$
 $Lf = 1,0 \text{ litro/pessoa/dia}$
 $V = N. (C.T + 100. Lf) = 120. (200. 0,5 + 100. 1) = 24.000 \text{ litros} = 24 \text{ m}^3$

Arbitrando um valor para $1,10 > h > 2,5$ // $h = 2,0\text{m}$, e como $2 > L/b > 4$ adotando, por exemplo, $L = 3.b$, teremos:

$V = b.L.h \rightarrow V = b.(3.b).2 = 6.b^2 = 24 \rightarrow b^2 = 4 \rightarrow b = 2,0\text{m}$
 Logo, $L = 6,0 \text{ m}$

6.10.11.3 Verificações:

$b = 2$ e $h = 2$ o que atende $0,7 < b$ e $b > 2.h$
 $V = 2 \cdot 2 \cdot 6 = 24\text{m}^3 > 24\text{m}^3$ OK

6.10.12 CONSTRUÇÕES DO TANQUE SÉPTICO

6.10.12.1 Os tanques sépticos poderão ser construídos em concreto armado, em alvenaria ou qualquer outro material disponível. O importante é que o material empregado garanta estanqueidade e tenha as dimensões mínimas de cálculo.

6.10.12.2 Os tanques cilíndricos são normalmente construídos com anéis pré-fabricados de concreto.

6.10.12.3 A Fig 6-9 exemplifica uma maneira de confeccionar as formas para a execução de um tanque prismático retangular em concreto armado.

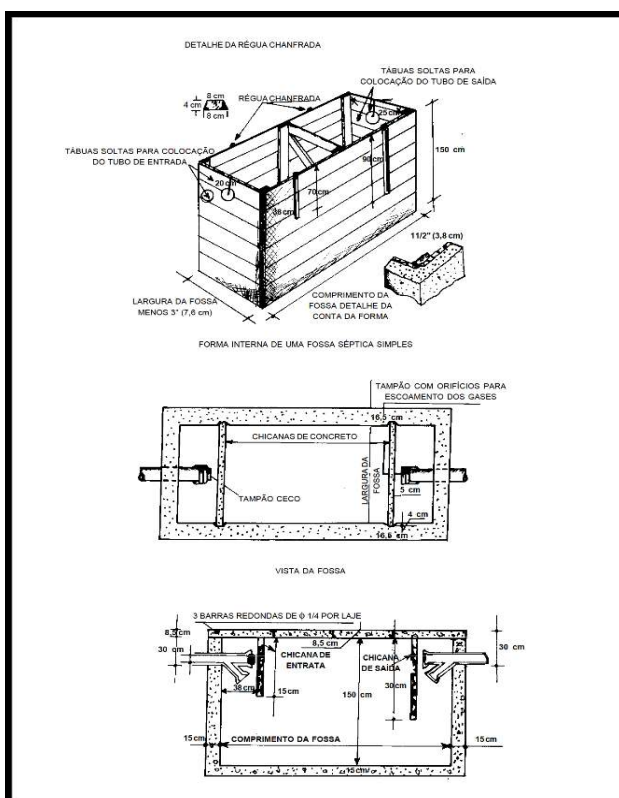


Fig 6-11 – Exemplo da forma de construção de tanque séptico

6.11 TRATAMENTO DE ESGOTOS: SISTEMA DE TANQUE SÉPTICO – O TRATAMENTO COMPLEMENTAR E A DISPOSIÇÃO FINAL

6.11.1 TRATAMENTO COMPLEMENTAR E DISPOSIÇÃO FINAL

6.11.1.1 Os tanques sépticos precisam de um pós-tratamento e/ou unidade de disposição, porque seu efluente tem elevado teor de matéria orgânica solúvel (que não sedimenta) e de organismos patogênicos. As características locais são determinantes de como tratar o descarte.

6.11.1.2 Para facilitar a escolha do tratamento complementar, são apresentadas as tabelas seguintes, que indicam faixas de remoção de algumas alternativas e as respectivas características principais. Para mais informação, deve-se consultar a norma brasileira NBR 13969, 1997.

Processo	Filtro anaeróbio submerso	Filtro aeróbio	Filtro de areia	Vala de filtração	LAB	Lagoa de plantas
Parâmetro						
DBO _{5,20}	40 a 75	60 a 95	50 a 85		70 a 95	70 a 90
DQO	40 a 70	50 a 80	40 a 75		60 a 90	70 a 85
SNF	60 a 90	80 a 95	70 a 95		80 a 95	70 a 95
Sólidos sedimentáveis	70 ou mais	90 ou mais	100		90 a 100	100
Nitrogênio amoniacal	-	30 a 80	50 a 80		60 a 90	70 a 90
Nitrato	-	30 a 70	30 a 70		30 a 70	50 a 80
Fosfato	20 a 50	30 a 70	30 a 70		50 a 90	70 a 90
Coliformes fecais	-	-	99 ou mais	99,5 ou mais		
· Para obter melhores resultados, deve haver combinações complementares. · Os limites inferiores são de temperaturas abaixo de 15°C; os, superiores, são acima de 25°C, sendo também influenciados pelas condições operacionais e grau de manutenção. · As taxas de remoção dos coliformes são apenas referência, uma vez que 0,5% residual de coliformes do esgoto representa centenas de milhares deles. (LAB: Lodo Ativado por Batelada)						

Tabela 6-10 – Eficiências (%) de remoção dos poluentes com o conjunto tanque + unidade complementar (NBR 13969, 1997)

Processo	Filtro anaeróbio	Filtro aeróbio submerso	Filtro de areia	Vala de filtração	LAB	Lagoa de plantas
Característica						
Área necessária	Reduzida	Reduzida	Média	Média	Média	Média
Operação	Simples					
Custo operacional	Baixo	Alto	Médio	Baixo	Alto	Baixo
Manutenção	Simples	Simples	Simples	Simples	Mediana complexidade	Simples
Odor/cor no efluente	Sim	Não				

Tabela 6-11 – Características dos processos de tratamento (NBR 13969, 1997)

6.11.1.3 Será desenvolvido, neste manual, o tratamento complementar com ênfase em vala de filtração pelas seguintes razões: em conjunto com o tanque séptico, possui excelente eficiência na remoção dos poluentes; baixo custo operacional; depende pouco das condições do solo (nível do lençol de água, permeabilidade, rochas *etc.*); sem odor; se adapta facilmente a mudanças na quantidade de usuários; facilita recomposição do terreno, na saída do local; e possui processo construtivo muito semelhante ao da vala de infiltração.

6.11.1.4 A vala de infiltração, apesar de ser inerente à etapa de disposição final, é uma alternativa à etapa de filtração se: não há risco de poluir algum lençol freático; a permeabilidade do solo não for muito alta ou muito baixa; e se não existir rocha fissurada ou fraturada. Para outro processo, consultar a norma brasileira NBR 13969/1997.

6.11.2 TRATAMENTO COMPLEMENTAR: VALA DE FILTRAÇÃO

6.11.2.1 A vala de filtração é constituída de duas canalizações superpostas, com uma camada de areia entre elas. Ela se diferencia do filtro de areia por não estar exposta às intempéries. É construída no próprio solo, podendo ter paredes internas impermeáveis. A seguir, têm-se esquemas de valas de filtração.

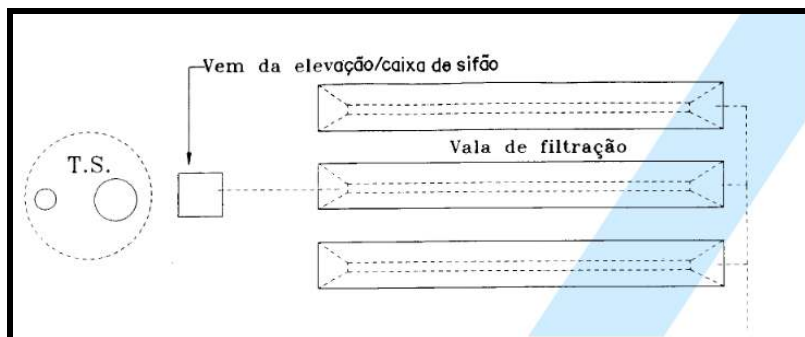


Fig 6-12 – Planta de vala de filtração típica (NBR 13969, 1997)

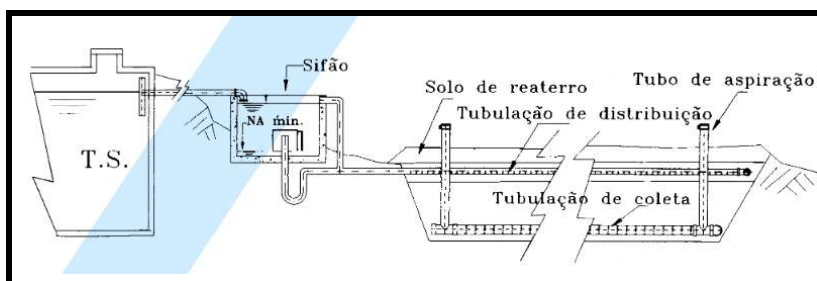


Fig 6-13 – Corte longitudinal de vala de filtração (NBR 13969, 1997)

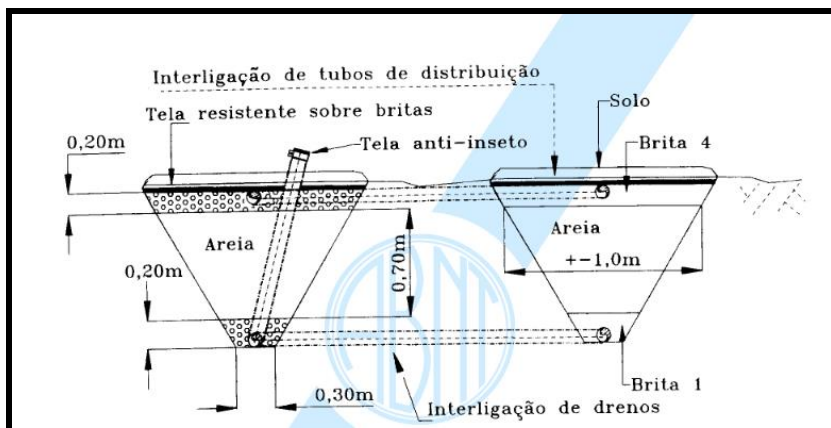


Fig 6-14 – Corte transversal de vala de filtração (NBR 13969, 1997)

6.11.2.2 Especificação de material:

- a) areia, com diâmetro efetivo de 0,25 mm a 1,2 mm e índice de uniformidade inferior a 4; e
- b) pedregulho, pedra britada ou escória de coque.

6.11.2.3 Taxa de aplicação: a taxa não deve ser superior a 100 L/(dia x M²). A área aqui corresponde à superfície horizontal de apoio das tubulações. Os intervalos de aplicação de efluente na vala de filtração não devem ser inferiores a 6 h.

6.11.2.4 Manutenção da condição aeróbia na vala: a vala de filtração deve operar aerada, recebendo ventilação de tubos protegidos contra insetos e funcionando de forma intermitente, com o uso de uma pequena bomba ou um dispositivo dosador, que permita entrar ar durante o período de repouso. Deve ser prevista, a montante das valas, caixa para reter o efluente do tanque séptico, que tenha uma bomba de recalque ou um sifão. A bomba é quando o nível das valas está acima do nível da tubulação de efluente do tanque séptico; o sifão é adequado onde as valas estão abaixo da saída do tanque séptico. O volume da caixa deve ser dimensionado de modo a permitir pelo menos uma aplicação do efluente a cada 6 h.

6.11.2.5 Calcula-se a vazão do sifão com as seguintes fórmulas:

Q - vazão do sifão no início da descarga (m^3/min); H - altura manométrica máxima (m);	Onde: Q₁ - vazão do sifão no final da descarga (m^3/min); H₁ - altura manométrica mínima (m);
a - área da seção transversal do tubo de sifão (m^2); g - aceleração da gravidade (m/s^2).	

Fig 6-15 – Cálculo da vazão do sifão

6.11.2.6 Processo construtivo e instalação:

- ao reaterrar a vala, fazer uma sobrelevação, para evitar a erosão do reaterro, dando uma declividade transversal de 3% a 6%;
- onde o terreno tem inclinação acentuada, como nas encostas de morros, as valas devem ser instaladas acompanhando as curvas de nível, como mostrado nas duas Fig 6-16 e 6-17, a seguir:

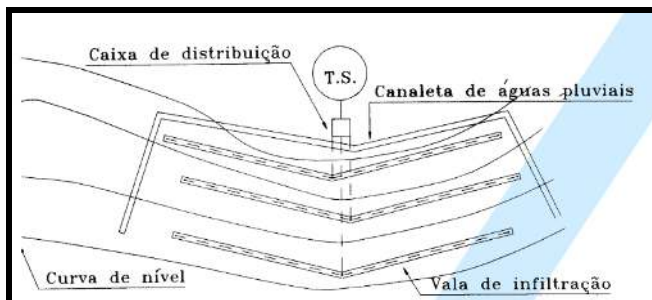


Fig 6-16 – Valas acompanhando curvas de nível - planta (NBR 13969, 1997)

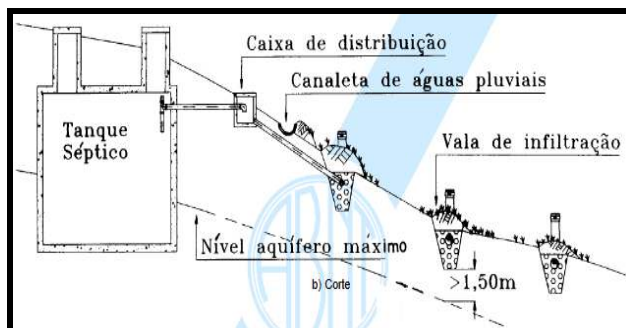


Fig 6-17 – Valas acompanhando curvas de nível - corte (NBR 13969, 1997)

- c) o local das valas deve ter um sistema de drenagem das águas pluviais, para não haver erosão da vala ou ela ser inundada;
- d) a camada de brita, pedra ou escória de coque posta sobre a camada de areia deve ser coberta de material filtrante (tela fina contra mosquito, manta geotêxtil etc.), antes do reaterro, para que o solo não ocupe os vazios da camada de pedras e para propiciar a evaporação da umidade; e
- e) para não contaminar o aquífero e dependendo do tipo de solo, a vala deve ser revestida, nas paredes laterais internas e no fundo, com material impermeável, como manta de PVC.

6.11.2.7 A alternância de uso para a digestão aeróbia do material levado à vala e desobstrução dos poros do meio filtrante (areia), as valas devem operar alternadamente. Para isso, são previstas no mínimo duas unidades, cada uma com capacidade de atender a tudo. O intervalo de tempo entre a alternância deve ser inferior a três meses.

6.11.3 DISPOSIÇÃO FINAL: VALA DE INFILTRAÇÃO

6.11.3.1 A vala de infiltração percola o efluente no solo, realizando a depuração por processos físicos (retenção de sólidos) e bioquímicos (oxidação). Ela depende muito das características do solo e do seu grau de saturação por água. Caso não tenha ocorrido um tratamento complementar, após o tanque séptico, deve-se empregar o sistema de aplicação intermitente, como na vala de filtração, melhorando a eficiência do tratamento e a longevidade do sistema de infiltração.

6.11.3.2 Características do solo – a infiltração depende, basicamente, das características do solo, da sua composição química e da sua saturação. A capacidade de percolação no solo deve ser avaliada.

6.11.3.3 Distância mínima do lençol de água e de poço – manter uma distância mínima vertical entre o fundo da vala e o nível máximo da superfície do aquífero de 1,5 m e de algum poço, distância horizontal de modo a levar três dias para chegar ao poço.

6.11.3.4 Manutenção da condição aeróbia na vala – deve manter a condição aeróbia no interior da vala com tubos de exaustão e o uso alternado das linhas, como especificado na vala de filtração. Se empregado o processo intermitente, o intervalo entre as aplicações não deve ser inferior a 6h.

6.11.3.5 Processo construtivo e instalação:

- a) o fundo e as paredes laterais das valas não devem sofrer qualquer compactação;
- b) as superfícies de percolação devem ser escarificadas até uma profundidade de 10 a 20 cm antes de pôr o material de suporte do tubo de distribuição;
- c) todas as tubulações de transporte de esgoto devem ser protegidas contra

- cargas rodantes, para não causar extravasamento ou obstrução do sistema;
 d) realizar sobrelevação do solo, ao aterrar a vala, como nas valas de filtração;



Fig 6-18 – Sobrelevação do solo na vala (NBR 13969, 1997)

- e) onde o terreno é muito inclinado, as valas acompanham as curvas de nível, para manter a declividade das tubulações, como explicado para valas de filtração;
 f) o local das valas deve ter sistema de drenagem, para não haver erosão da vala ou ela ser inundada;
 g) a camada de brita, pedra ou escoria de coque deve ser coberta de material filtrante (tela fina contra mosquito, manta geotêxtil etc.), antes do reaterro, para que o solo não ocupe os vazios da camada de pedras e para propiciar a evaporação da umidade; e
 h) não permitir plantio de árvores próximo às valas, para as raízes não danificarem as valas.

6.11.3.6 Alternância de uso – para manter a condição aeróbia no interior da vala e desobstrução dos poros do solo, deve ser previsto uso alternado de valas. O número mínimo de linhas de valas é dois, cada uma correspondendo a 100% da capacidade total. Pode-se optar por três valas, cada uma com 50% da capacidade total. As valas devem ser alternadas em, no máximo, seis meses.

6.11.3.7 Se no local chove muito deve-se colocar uma cobertura com material impermeável sobre a camada de brita/pedra antes do reaterro. Isto evita lavar os agentes patogênicos e propiciar condições anaeróbias na vala.

6.11.3.8 O número máximo instalável de sistema tanque séptico ou vala de infiltração é de 10 unidades/ha.

6.11.3.9 Dimensionamento da vala de infiltração – a vala de infiltração deve ser dimensionada para a mesma vazão do tanque séptico, ou seja, podem-se considerar os valores da tabela de contribuição diária de despejos e de carga orgânica, além do seguinte:

- a) valores da taxa de aplicação;

- b) cálculo da área total necessária;
- c) cálculo da área de infiltração – considerar as superfícies laterais e de fundo situadas no nível inferior ao tubo de distribuição do efluente;
- d) os tubos de distribuição no interior da vala devem ter diâmetro de 10 cm, com aberturas laterais de $\varnothing$ 1,0 cm;
- e) a declividade do tubo deve ser de 0,003 m/m;
- f) dar preferência a conduto forçado, com distribuição de esgoto intermitente. Nesse caso, a declividade do tubo pode ser zero. O intervalo entre as aplicações não deve ser inferior a 6h;
- g) os materiais de enchimento da vala podem ser britas até nº 4 ou pedras com características correspondentes; e
- h) a distância mínima, em planta, entre eixos centrais das valas de infiltração paralelas é de 2 m.

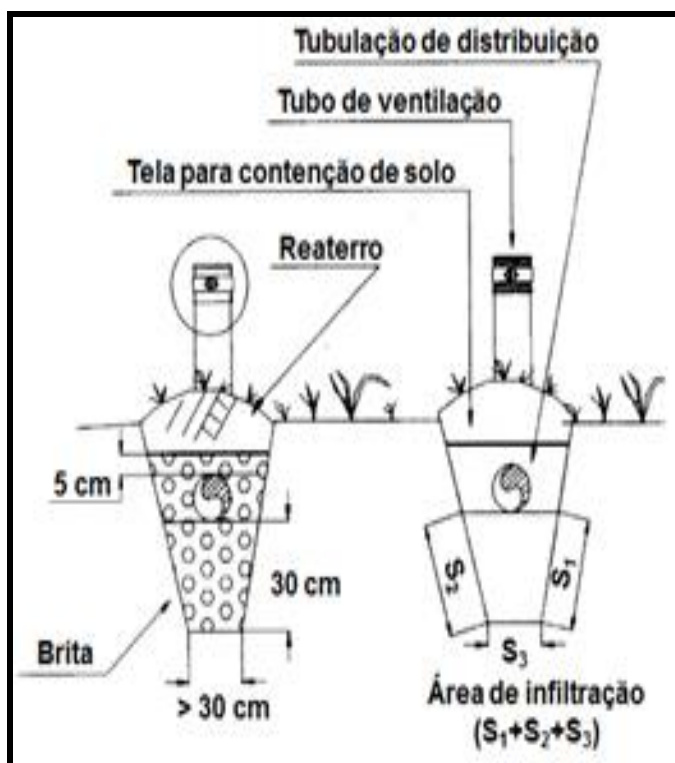


Fig 6-19 – Vala de infiltração – corte transversal (NBR 13969, 1997)

6.11.3.10 Aplicação – o canteiro de infiltração e de evapotranspiração pode ser empregado em locais não propícios a simples infiltração ao substituir o solo e/ou condições desfavoráveis por solos melhores.

6.11.3.11 Locais inadequados para infiltração:

- a) nível aquífero raso;
- b) rocha fissurada ou fraturada que permita rápido escoamento do esgoto para o lençol de água;
- c) solo arenoso com percolação extremamente elevadas, não permitindo bom tratamento;
- d) solos com taxas de percolação muito reduzidas, exigindo extensa área;
- e) uma vala de infiltração deve ficar 1,5 m acima de qualquer um dos locais inadequados citados anteriormente; e
- f) não usar equipamento pesado na obra, pois compactará o solo.

6.11.3.12 Os despejos de esgotos oriundos das edificações, depois de tratados devem ser lançados em corpos hídricos mediante outorga de lançamento e dependendo da quantidade e da estrutura a ser utilizada, pois deve ser licenciado no órgão ambiental competente. Esses produtos devem receber uma destinação final para gerar o seu enquadramento de lançamento. Nos locais onde não se disponha de estrutura para instalar fossas sépticas alternativas ao sistema de tratamento deve ser utilizada de acordo com o tempo e efetivo da missão. Em hipótese alguma os efluentes devem ser lançados *in natura* nos córregos e rios (em operações de não guerra, nas operações de guerra sempre que possível).

6.11.3.13 Os efluentes de fossas sépticas podem ser dispostos da seguinte maneira:

- a) no solo, através de valas de infiltração, por irrigação subsuperficial;
- b) no solo, através de sumidouros, por infiltração subterrânea; e
- c) em águas de superfície, após passar por valas de filtração.

6.11.3.14 Os efluentes que não possuem fossas sépticas para realizar a coleta dos depósitos provisórios, deverão ser coletados e destinados numa estação de tratamento (para locais com espaço e de alta incidência solar utilizar as lagoas facultativas – em projetos de médio prazo adicionar bactérias biodegradadoras para acelerar a decomposição e para projetos de longo prazo utilizar o projeto das lagoas em sua estrutura tradicional). Para projetos de curto prazo, que seja inviável as fossas sépticas, o indicado é utilizar latrinas que intercalem dejetos com camadas de material seco (folhas secas, serragem, *etc.*) e cal.

6.12 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE UM SOLO (k)

6.12.1 Existem diversos métodos de determinação da permeabilidade. A NBR 13969/1997 preconiza o ensaio descrito a seguir.

6.12.2 Para o dimensionamento de valas de filtração (secundário) e das unidades de destinação final dos efluentes de decanto-digestores há:

- a) valas de infiltração;
- b) canteiros de infiltração\evapotranspiração; e
- c) sumidouros.

6.12.3 É necessário determinar o coeficiente de permeabilidade do solo, K.

6.12.4 O modo e a época de executar o ensaio podem resultar em valores bastante distintos para um mesmo tipo de solo. É um ensaio simples e impreciso que deve ser empregado junto com os ensaios de tato e visual do solo. Ele deve ser iniciado simulando a condição de solo saturado (condição crítica à absorção).

6.12.5 Deve-se levantar, no início, o nível máximo do lençol freático no local em que se pretende a obra.

6.12.6 Materiais necessários:

- a) relógio;
- b) cronômetro;
- c) régua;
- d) trado com $\varnothing$ 150 mm;
- e) dispositivo para medição do nível de água na cava;
- f) brita nº 1; e
- g) água em abundância.

6.12.7 Roteiro:

- a) escolher, no mínimo, três pontos representativos de toda a área candidata a campo de infiltração;
- b) escavar uma cava vertical com um trado de $\varnothing$ 15 cm até o nível aproximado do fundo da vala a ser feita no local;
- c) retirar os materiais soltos no fundo da cava e cobrir o fundo com cerca de 5 cm de brita nº 1;
- d) para saturar o solo, encher a cava com água até a altura de 30 cm do fundo e manter esta altura de água por, no mínimo, 4 h, completando se necessário. Em solo argiloso, o período será de 12 h;
- e) se, em 10 min, todos os 30 cm iniciais infiltrarem no solo, parte-se para o ensaio imediatamente;
- f) exceto para solo arenoso, o ensaio não deve ser feito depois de 30 horas do início da etapa de saturação do solo;
- g) determinação da taxa de percolação:
 - por 15 cm de água na cava acima da brita, cuidando para não ter nível da água superior a 15 cm;
 - a cada 30 minutos, logo após o enchimento, medir a queda do nível de água na cava e, nessa hora, repor o nível de água em 15 cm;
 - o ensaio prossegue até se obter diferença de rebaixamento dos níveis,

entre duas determinações sucessivas, inferior a 1,5 cm, em pelo menos três medições necessariamente; e

- em solo arenoso, se a água colocada se infiltra em menos de 30 min, o intervalo entre as leituras se reduz para 10 min, durante 1 h. Neste caso, o valor da queda é o da última leitura.

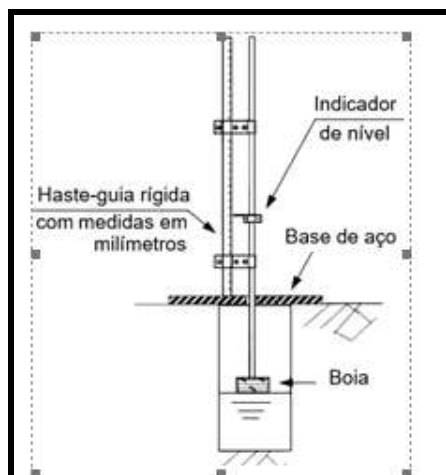


Fig 6-20 – Dispositivo para medição do nível de água na cava

h) a taxa de percolação é a divisão do intervalo de tempo da última determinação pelo rebaixamento ocorrido nela. Exemplo: se o intervalo é de 30 min e o desnível apurado, de 3 cm, tem-se a taxa de percolação de $30/0,03 = 1\ 000$ min/m;

i) a taxa de percolação da área é a média aritmética dos valores das cavas nessa área;

j) o valor real a ser empregado no cálculo da área necessária da vala de infiltração é o da tabela 6-12; e

Taxa de percolação (minutos/m)	Taxa máxima de aplicação diária [m ³ /(m ² .d)]	Taxa de percolação (minutos/m)	Taxa máxima de aplicação diária [m ³ /(m ² .d)]
40 ou menos	0,2	400	0,065
80	0,14	600	0,053
120	0,12	1200	0,037
160	0,1	1400	0,032
200	0,09	2400	0,024

Tabela 6-12 – Conversão de valores de taxa de percolação em taxa de aplicação superficial (NBR 13969/97)

k) obtém-se o valor da área total necessária para área de infiltração dividindo-se o volume total diário estimado de esgoto (m³/dia) pela taxa máxima de aplicação diária.

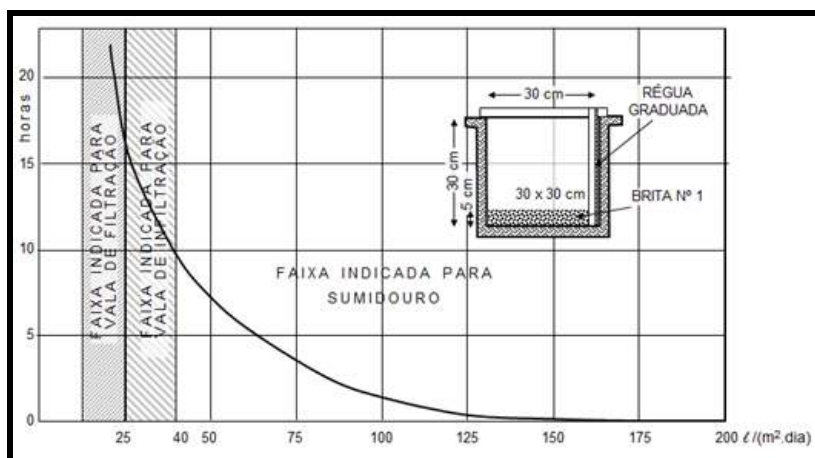


Fig 6-21 – Gráfico para escolha do sistema de disposição de efluente de fossa séptica (Macintyre, 1996)

6.12.8 A Fig 6-21 corresponde à tabela 6-13, sendo uma curva relacionando a taxa de infiltração [L/(m².dia)] com o tempo de infiltração (min) (antiga NBR 7229/82).

6.12.9 Recomenda-se, na falta de teste de infiltração, utilizar os valores da tabela 6-13.

POSSÍVEIS FAIXAS DE VARIAÇÃO DE COEFICIENTE DE		Coef. infiltração [L/(m ² .dia)]
Faixa	Constituição provável dos solos	
1	Rochas, argilas compactas de cor branca, cinza ou preta, variando a - rochas alteradas e argilas medianamente compactas de cor avermelhada.	< 20
2	Argilas de cor amarela, vermelha ou marrom medianamente compacta, variando a - argilas pouco siltsosas e/ou arenosas.	20 a 40
3	Argilas arenosas e/ou siltsosas, variando a - areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom.	40 a 60
4	Areia ou silte pouco argiloso, ou solo arenoso com húmus e turfas, variando a - solos constituídos predominantemente de areias e siltes.	60 a 90
5	Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalhos.	> 90
(*) Os dados se referem, numa primeira aproximação, aos coeficientes que variam segundo o tipo dos solos não saturados. Em qualquer dos casos é indispensável a confirmação por meio dos ensaios de infiltração do solo, descritos.		

Tabela 6-13 – Possíveis faixas de variação de coeficiente de infiltração (Jordão e Pessoa, 2005)

DISPOSITIVO	COEFICIENTE DE INFILTRAÇÃO
VALA DE FILTRAÇÃO	$< 25 \text{ L/M}^2$
VALA DE INFILTRAÇÃO	$25 < K < 40 \text{ L/m}^2$
SUMIDOURO	Maior que 40 L/m^2

Tabela 6-14 – Determinação aproximada da capacidade de absorção dos solos

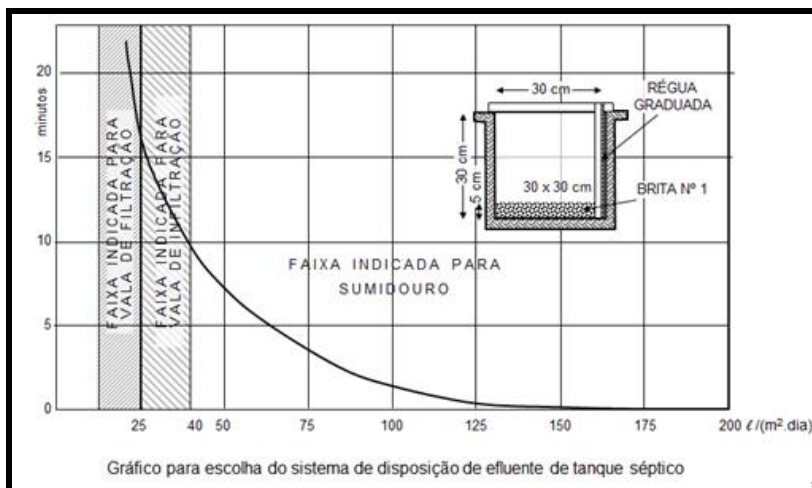


Fig 6-22 – Gráfico para escolha do sistema de disposição de efluente de tanque séptico (MACINTYRE, 1996)

6.13 RESÍDUOS SÓLIDOS

6.13.1 São considerados resíduos sólidos os materiais, substâncias, objetos ou bens descartados nos estados sólido, semissólido ou líquido cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos da água.

6.13.2 Os resíduos sólidos são classificados de diversas formas, as quais se baseiam em determinadas características ou propriedades. A classificação é relevante, pois auxilia na comunicação, viabilizando o gerenciamento dos resíduos e facilitando os trabalhos de segregação e disposição adequada.

6.13.3 CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS

6.13.3.1 Os resíduos sólidos podem ser classificados quanto à estrutura e composição química, ao seu aproveitamento para transformação, aos riscos potenciais ao meio ambiente e, ainda, quanto à origem.

6.13.4 QUANTO À ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA

6.13.4.1 Resíduos orgânicos são aqueles que possuem origem animal ou vegetal. A maioria pode ser utilizada na compostagem sendo transformados em fertilizantes ou corretivos do solo. Exemplos: restos de alimentos, cascas de frutas e de ovos, folhagens, plantas mortas, pó de café, erva mate e madeiras.

6.13.4.2 Resíduos inorgânicos são todo material que não possui origem biológica ou que foi transformado pelo homem. Geralmente estes resíduos, quando lançados diretamente no meio ambiente, levam mais tempo para serem degradados. Exemplos: vidros, plásticos, metais, borrachas, fibras sintéticas e cinzas.

6.13.5 QUANTO AO APROVEITAMENTO PARA TRANSFORMAÇÃO

6.13.5.1 Resíduos recicláveis são aqueles resíduos que constituem interesse de transformação, que têm mercado ou operação que viabilize sua transformação industrial. Exemplo: papel/papelão, plástico, alumínio, vidro.

6.13.5.2 Resíduos não recicláveis são aqueles que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos acessíveis e disponíveis, não apresentem outra possibilidade além de aterros industriais ou sanitários. Exemplo: papéis plastificados, papel higiênico, etiquetas adesivas, papéis engordurados, fotografias, bitucas de cigarros.

6.13.6 QUANTO AOS RISCOS POTENCIAIS AO MEIO AMBIENTE

6.13.6.1 A NBR 10.004:2004, resíduos sólidos – classificação, da ABNT, em resíduos sólidos baseando-se no conceito de classes, conforme ilustrado:



Fig 6-23 – Classificação dos resíduos segundo a NBR 10.004:2004

6.13.6.1.1 Resíduo perigoso – classe I: aqueles que apresentam risco à saúde pública e ao meio ambiente. Exemplos: pilhas e baterias, telhas de amianto, óleo usado, resíduo de tinta, pigmentos, resíduo de serviços de saúde.

6.13.6.1.2 Resíduo não perigoso não inerte – classe II A: aqueles que, em contato com a água, tiverem algum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água. Exemplos: restos de alimentos, resíduos sanitários, óleos alimentares, gorduras e papel.

6.13.6.1.3 Resíduo não perigoso inerte – classe II B: aqueles que em contato com a água não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água. Exemplos: rochas, tijolos, vidros, metais ferrosos, produtos têxteis, entulho da construção civil e polímeros.

6.13.7 QUANTO À ORIGEM

6.13.7.1 Resíduos domiciliares – são cascas de frutas e verduras, jornais e revistas, garrafas, latas, vidros, embalagens em geral, papel higiênico e fraldas descartáveis.

6.13.7.2 Resíduos de limpeza urbana – são restos de vegetais diversos, resíduo de varrição, embalagens em geral e resíduo de descarte irregular.

6.13.7.3 Resíduos de estabelecimentos comerciais e de serviços – são cascas de frutas e verduras, papel, plástico e descartáveis.

6.13.7.4 Resíduos industriais – são cinzas, lodos, óleos, fibras, borracha, metal e vidros.

6.13.7.5 Resíduos de saúde – são resíduos gerados por qualquer atividade de natureza médico-assistencial humana ou animal – clínicas odontológicas, veterinárias, farmácias, centros de pesquisa, necrotérios, funerárias, medicina legal e barreiras sanitárias.

6.13.7.6 Os resíduos de saúde são subdivididos em:

- a) grupo A – possível presença de agentes biológicos (placas e lâminas de laboratório, carcaças, peças anatômicas *etc.*);
- b) grupo B – contém substâncias químicas (medicamento vencido, reagentes de laboratório *etc.*);
- c) grupo C – que contenham radionuclídeos (serviços de medicina nuclear *etc.*);
- d) grupo D – não apresentam risco, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares (restos de alimentos, resíduos das áreas administrativas *etc.*);
- e) grupo E – materiais perfurocortantes (agulhas, ampolas de vidro *etc.*); e
- f) resíduos de construção civil – gerados a partir das atividades de construção, reformas, reparos, demolições, preparação e escavação de terrenos.

6.13.7.7 Os resíduos de construção civil são subdivididos em:

- a) classe A – reutilizáveis e recicláveis (solos, tijolos, telhas *etc.*);
- b) classe B – recicláveis (plásticos, papel/papelão, gesso, metais *etc.*);
- c) classe C – não recicláveis (lã de vidro *etc.*); e
- d) classe D – perigosos (amianto, tintas, solventes *etc.*).

6.14 SEGREGAÇÃO DOS RESÍDUOS

6.14.1 A segregação dos resíduos é o ato de separar os resíduos sólidos seguindo sua tipologia. Conforme a origem, há diferentes formas de se realizar o processo de separação.

6.14.2 SEGREGAÇÃO DE RESÍDUOS ADMINISTRATIVOS

6.14.2.1 Os resíduos administrativos devem ser segregados conforme os seguintes tipos: papel, plástico, vidro, metal, orgânico e rejeito. Essa segregação faz com que o seu tratamento posterior seja mais dinâmico e eficiente. Os coletores, assim como os sacos plásticos ou quaisquer outros recipientes de acondicionamento de resíduos deverão ser identificados com as cores padronizadas pela 7., conforme Fig 6-23:



Fig 6-24 – Padronização de coletores

6.14.3 ACONDICIONAMENTO E ARMAZENAMENTO DE RESÍDUOS

6.14.3.1 O processo de acondicionamento de resíduos sólidos é o ato de depositar os resíduos nos recipientes designados e apropriados para cada um, de acordo com suas características e possibilidade de reaproveitamento, tratamento ou destino para reciclagem. São exemplos de recipientes de acondicionamento: lixeiras, tambor, bombona, isotanque, *big bag*, sacos de rafia, caçambas, entre outros.



Fig 6-25 – Recipientes de acondicionamento

6.14.3.2 Após seu acondicionamento, os resíduos devem ser recolhidos e transportados com equipamentos adequados ou manualmente pelas áreas internas da empresa até a área de armazenamento temporário de resíduos.

6.14.3.3 Os resíduos devem ser armazenados em áreas com uso específico para tal fim, constituída de cobertura e piso impermeável, devidamente identificada, à espera de reciclagem/reutilização, tratamento ou disposição final adequada, desde que atenda às condições básicas de segurança. O armazenamento de resíduos classe I deve seguir as orientações da NBR 12.235:1992 e o armazenamento de resíduos classe II deve seguir as orientações da NBR 11.174:1990.

6.14.4 DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS

6.14.4.1 As técnicas de destinação final são conhecidas como: tratamento, reciclagem e disposição final.

6.14.4.1.1 As técnicas de tratamento devem ser adotadas para que a destinação de certos resíduos cause menor impacto ao meio ambiente ou à saúde. Uma tecnologia considerada de tratamento é a incineração, onde o processo de destruição térmica do resíduo promove a redução de peso, volume e características de periculosidade, com a consequente eliminação da matéria orgânica, e características de patogenicidade, através da combustão controlada. A incineração é bastante utilizada para resíduos hospitalares e contaminados. É uma tecnologia cara e, além da emissão atmosférica, gera cinzas provenientes da queima.

6.14.4.1.2 Outra tecnologia de tratamento é a desinfecção e esterilização. A desinfecção é o processo de destruição de agentes infecciosos ou potencialmente patogênicos. Já a esterilização é o tratamento de resíduos com

a neutralização ou eliminação total dos microrganismos. São exemplos: o vapor saturado/autoclaves, calor seco/estufas, radiação ionizante e micro-ondas.

6.14.4.1.3 A reciclagem é o processo onde os resíduos sofrem transformações para virarem insumos, os quais podem retornar à cadeia produtiva, sendo utilizados como matéria-prima na fabricação de outros produtos. Além da reciclagem tradicional de papéis, metais, vidros e plásticos, também são considerados métodos de reciclagem o coprocessamento, a compostagem e o rerrefino.

6.14.4.1.4 O coprocessamento é considerado como um método de reciclagem, que consiste no reaproveitamento de resíduos industriais ou misturas de resíduos como substitutos parciais do combustível e/ou da matéria-prima, necessários ao processo de produção de cimento.

6.14.4.1.5 A compostagem é o processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem vegetal e animal. Basicamente estes materiais são submetidos à decomposição biológica com ou sem oxigênio, e se transformam em um material chamado de composto, utilizado como adubo nas plantações. O composto leva em torno de 90 dias para ficar pronto.

6.14.4.1.6 O rerrefino é um processo industrial de remoção de contaminantes, produtos de degradação e aditivos dos óleos lubrificantes usados ou contaminados, conferindo-lhes características de óleos básicos, conforme legislação específica. O processo inicia-se na coleta do óleo lubrificante usado nas fontes geradoras, passa pela etapa industrial de rerrefino, onde é produzido óleo em sua forma básica, é vendido como matéria-prima para a indústria petroquímica e, por fim, retorna ao mercado como óleo lubrificante.

6.14.4.1.7 Considera-se como técnica de disposição final o que se deposita no solo, como o aterro sanitário e aterro industrial. Esses métodos de disposição devem ser utilizados somente quando não é possível ser feita a reciclagem do material ou a reciclagem for economicamente proibitiva.

6.14.4.1.8 Os aterros industriais são áreas projetadas para receber um grande volume de resíduos industriais. Esses aterros recebem os resíduos classe I, classe II A e II B. São constituídos por células impermeabilizadas, sistemas de drenagem, sistemas de tratamento de gases e monitoramento de águas subterrâneas.

6.14.4.1.9 Os aterros sanitários são fundamentados em critérios de engenharia e normas específicas, que permitem a confinação segura dos resíduos domiciliares e similares, em termos de controle de poluição ambiental e de saúde pública. Os aterros sanitários são constituídos de manta impermeabilizante e possuem sistema de drenagem que coleta o chorume e encaminha para uma estação de tratamento, os resíduos são cobertos com

solo e os gases gerados na degradação dos resíduos (o metano) é captado e queimado.

6.14.5 Uma instalação de armazenamento deve ser operada e mantida de forma a minimizar a possibilidade de fogo, explosão, derramamento ou vazamento de resíduos perigosos para o ar, água superficial ou solo, os quais possam constituir ameaça à saúde humana ou ao meio ambiente.

6.14.6 É importante realizar a segregação, pois os resíduos ou substâncias, ao se misturarem, provocam efeitos indesejáveis, como fogo, liberação de gases tóxicos ou ainda facilitam a lixiviação de substâncias tóxicas, e não devem ser colocados em contato.

6.14.7 Vale destacar que em casos de acidentes devem ser tomadas, medidas que minimizem ou restrinjam os possíveis efeitos danosos decorrentes a saúde humana e ao meio ambiente. Tais procedimentos devem estar discriminados no chamado plano de emergência, que deve conter:

- a) informações de possíveis incidentes e das ações a serem tomadas;
- b) indicação da pessoa que deve atuar como coordenador e seu substituto, indicando seus telefones e endereços, e esta lista deve estar sempre atualizada; e
- c) lista de todo equipamento de segurança existente, incluindo localização, descrição do tipo e capacidade.

CAPÍTULO VII

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

7.1 RESPONSABILIDADE

7.1.1 A Engenharia (Eng) é responsável pela construção, conservação, reparação e operação de sistemas de energia elétrica do TO.

7.1.2 No Brasil as instalações elétricas de baixa tensão são regidas pela NBR-5410/90 2004 - Norma Brasileira de Instalações Elétricas de Baixa Tensão, da ABNT e por isso, as informações aqui contidas estão de acordo com elas, de forma que este manual concorda com essa norma sempre que a situação tática permitir.

7.2 GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

7.2.1 A energia elétrica pode ser obtida em campanha através dos grupos geradores das dotações orgânicas ou através dos sistemas de energia elétrica das concessionárias de energia elétrica. A energia elétrica nestes casos é sempre obtida em baixa tensão (220/127v).

7.2.2 Outra alternativa para se obter energia elétrica em campanha é por meio da geração distribuída, processo em que o consumidor gera a sua própria energia, por meio de fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) nº 482, de 17 de abril de 2012.

7.2.3 Os batalhões de engenharia de combate e de construção possuem grupos geradores portáteis, sobre reboques ou estacionários, que podem fornecer energia elétrica em baixa tensão (220/127V) sob a forma de corrente alternada, monofásica ou trifásica.

7.2.4 Nos pelotões de especiais de fronteiras a eletricidade também pode ser gerada através de pequenas centrais hidrelétricas (PCH), que aproveitam um pequeno desnível dos cursos de igarapés (queda de água ou cachoeira) para movimentar um gerador elétrico acoplado a uma turbina hidráulica. As PCH são classificadas como micro usinas, que vão de 1 kVA a 100 kVA (tipicamente 60 kVA).

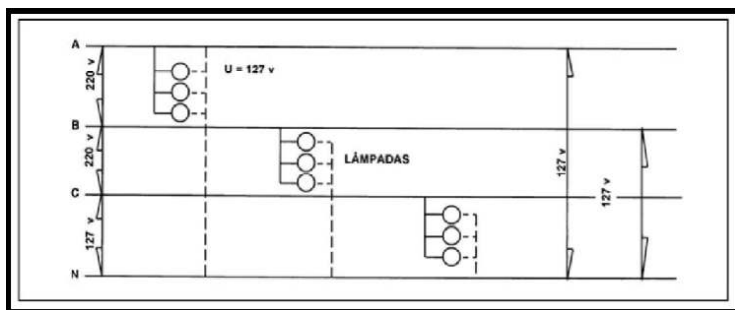


Fig 7-1 – Sistema elétrico a 4 fios

7.3 POTENCIAL ELÉTRICO OU TENSÃO ELÉTRICA

7.3.1 A tensão elétrica é a diferença de concentração de elétrons entre dois pontos do circuito de corrente.

7.3.2 A unidade de tensão é o volt, representado pela letra maiúscula 'V'.

7.3.3 01 (um) volt é a tensão necessária para fazer com que 01 ampere (A) de corrente circule por um resistor de 01 (um) ohm (Q).

7.3.4 A medida de tensão é feita por intermédio de um aparelho chamado "voltímetro", ligado em paralelo ao circuito ou equipamento que se deseja medir.

7.4 CORRENTE ELÉTRICA

7.4.1 Corrente elétrica é o fluxo ordenado de partículas portadoras de carga elétrica ou o deslocamento de cargas dentro de um condutor, quando existe uma diferença de potencial elétrico entre as extremidades. Tal deslocamento visa a restabelecer o equilíbrio desfeito pelas ações de um campo elétrico ou outros meios.

7.4.2 A intensidade de corrente elétrica é caracterizada pelo número de elétrons livres que atravessam uma determinada seção do condutor na unidade de tempo.

7.4.3 A unidade de intensidade da corrente elétrica é o ampere (A), (representado pela letra maiúscula 'I').

7.4.4 O aparelho que mede a intensidade de corrente elétrica é o amperímetro, ligado em série com o circuito ou equipamento que se deseja medir.

7.5 FREQUÊNCIA ELÉTRICA

7.5.1 A energia elétrica pode ser produzida de modo contínuo ou alternado.

7.5.2 No modo contínuo, o valor da tensão assume um valor constante e não oscila. É o caso das baterias de carro, cuja tensão é constante em + 12V.

7.5.3 A energia elétrica dita de corrente contínua (CC, ou DC - *direct current*) é aquela na qual os elétrons se deslocam sempre no mesmo sentido.

7.5.4 A energia elétrica dita de corrente alternada (CA, ou AC – *alternating current*) é aquela na qual o sentido de deslocamento dos elétrons muda periodicamente (Fig 7-2).

7.5.5 O valor da tensão varia periodicamente obedecendo a uma curva senoidal de 60 Hz.

7.5.6 O aparelho que mede a frequência chama-se frequencímetro.

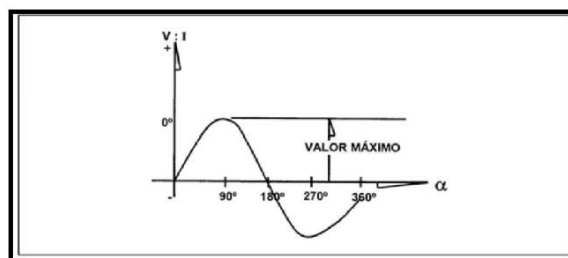


Fig 7-2 – Corrente alternada

7.6 RESISTÊNCIA ELÉTRICA

7.6.1 Existe uma certa força de atração entre os elétrons e os respectivos núcleos atômicos dos materiais, o que dificulta a sua liberação para o estabelecimento de uma corrente elétrica. Esta oposição ao arrancamento de elétrons que dificulta o fluxo de corrente que quer se estabelecer através do corpo designa-se resistência elétrica.

7.6.2 A resistência elétrica representa a dificuldade com que um material tem de ser atravessado por uma corrente elétrica quando na presença de uma tensão elétrica.

7.6.3 Nos materiais condutores a resistência é pequena e nos materiais ditos isolantes a resistência é muito grande.

7.6.4 A unidade de medida da resistência elétrica é o Ohm (Ω).

7.6.5 A resistência elétrica de um condutor depende de quatro fatores:

- a) material de que é fabricado;
- b) comprimento;
- c) área da seção transversal; e
- d) temperatura ambiente.

7.6.6 Resistividade, ou resistência específica, é a resistência de um condutor de um metro, com seção de 1 mm², a uma temperatura constante. Seu símbolo é ρ (Ω) (ρ) ($r\acute{o}$) e sua unidade é ohm x cm.

7.6.7 A resistência de um condutor de seção uniforme, expressa em ohms, é dada por:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

onde:

L - comprimento do condutor (m) S - seção reta do condutor (mm²)

ρ - resistividade do condutor (x mm²/m) valores da resistividade " Ω " a 15°C:

cobre - 0,0178 Ω x mm²/m alumínio - 0,028 Ω x mm²/m prata-liga - 0,300 Ω x mm²/m.

7.6.8 Pode-se deduzir que quanto maior o fio, maior a resistência, isto é, quanto mais distante estiver um equipamento, maior será a resistência elétrica a vencer.

7.6.9 Quanto maior for a bitola do fio empregado, menor será a resistência elétrica a vencer. Exemplo: calcule a resistência de um condutor de cobre a 15°C, sabendo-se que a sua seção transversal é de 3 mm² e que seu comprimento é de 200 m. Solução: para o cobre, ρ a 15°C = 0,0178 Ω x mm²/m a resistência é dada por: $R = 0,0178 \times 200 = 1,186$ ohms.

7.6.10 A resistência do condutor aumenta com o aumento da temperatura.

7.7 LEI DE OHM

7.7.1 A intensidade da corrente (" i ") (" I ") que percorre um condutor é diretamente proporcional a tensão " V " que a produz e inversamente proporcional a resistência " R " do condutor".

$$I = V/R$$

Símbolo usado para resistividade é a letra grega ρ e não a letra ômega.

7.8 CIRCUITOS COM RESISTÊNCIAS EM SÉRIE

7.8.1 Diz-se que existem resistências (resistores) associados em série quando as mesmas são ligadas, extremidade com extremidade, diretamente ou por trechos de condutores.

7.8.2 A Fig 7-3 mostra que a mesma corrente "i" "I" percorre todas as resistências e que a tensão "V" se divide pelos diversos elementos que constituem o circuito.

7.8.3 A resistência total equivalente será a soma das resistências em série no circuito:

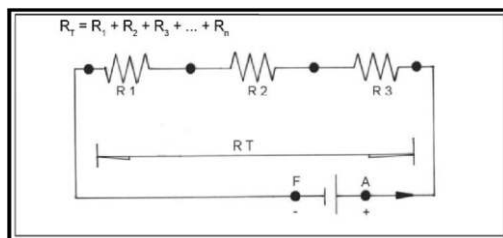


Fig 7-3 – Resistências em série

7.9 CIRCUITOS COM RESISTÊNCIAS EM PARALELO

7.9.1 No circuito em paralelo, as extremidades das resistências são ligadas a um ponto comum. As diversas resistências estão submetidas à mesma diferença de potencial, e a intensidade de corrente total é dividida entre os elementos do circuito. De modo inversamente proporcional às resistências.

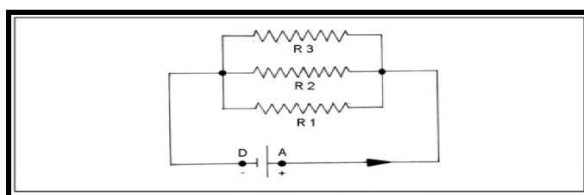


Fig 7-4 – Resistências em paralelo

7.9.2 Se um certo número de resistências R_1 , R_2 , R_3 ... R_n estiverem associadas em paralelo, a resistência efetiva ou equivalente do conjunto poderá ser calculada por:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

7.9.2.1 Se for duas resistências, o cálculo pode ser simplificado pela fórmula:

$$RT = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2}$$

7.10 MEDIÇÃO DE TENSÃO E CORRENTE

7.10.1 A medida de tensão é feita por intermédio de um aparelho chamado "voltímetro", ligado em paralelo ao circuito ou equipamento que se deseja medir.

7.10.2 O aparelho que mede a intensidade de corrente elétrica é o amperímetro, ligado em série com o circuito ou equipamento que se deseja medir.

7.10.3 A medida de frequência é feita por intermédio de um aparelho chamado "frequencímetro", ligado em paralelo ao circuito ou equipamento que se deseja medir (assim como o voltímetro).

7.10.4 Normalmente, todas essas funções de medição são embutidas em um único equipamento, chamado de multímetro.

7.10.5 Caso o amperímetro seja conectado em paralelo, provavelmente haverá um curto-circuito, o que pode variar tanto o medidor quanto o gerador que está alimentando o sistema.

7.10.6 Recomenda-se o uso do alicate-amperímetro para medição de corrente, pois ele é capaz de medir a corrente sem ter que fisicamente interromper o caminho da corrente elétrica, eliminando a possibilidade de ocorrer o erro aludido no item 7.10.5.

7.11 ENERGIA E TRABALHO

7.11.1 A energia consumida ou o trabalho elétrico T efetuado é dado pelo produto da potência P pelo tempo t durante o qual o fenômeno elétrico ocorre. As fórmulas que permitem calcular este valor são:

$$\begin{aligned} T &= P \times t = \text{watt} \times \text{hora (Wh)} \text{ ou} \\ T &= V \times i \times t = \text{watt} \times \text{hora (Wh)} \\ 1000 \text{ Wh} &= 1\text{kWh} \end{aligned}$$

7.11.2 O consumo de energia elétrica é medido em kWh pelos aparelhos medidores de consumo das concessionárias de energia elétrica e a tarifa é cobrada em termos de consumo, expresso na mesma unidade.

7.12 GERAÇÃO DE ENERGIA

7.12.1 SISTEMA TRIFÁSICO A 4 FIOS

7.12.1.1 Todos os grupos geradores têm sua potência expressa em kVA (*quilovolt-ampere*).

7.12.1.2 A energia elétrica CA é majoritariamente gerada de maneira trifásica. Assim, uma rede elétrica em baixa tensão, seja ela oriunda de uma concessionária ou de grupos motor-gerador, normalmente possui 4 terminais: 3 fases e um neutro.

7.12.1.3 Entre qualquer uma das 3 fases e o neutro há uma tensão chamada “tensão de fase” (ou tensão fase-neutro) V_{fn} , que pode ser 127V ou 220V.

7.12.2 Entre quaisquer duas fases há uma tensão chamada “tensão de linha” (ou tensão fase-fase) V_{ff} , que está relacionada com a “tensão de fase” pela seguinte relação:

$$V_{ff} = V_{fn} \times \sqrt{3} = V_{fn} \times 1,732$$

- Para $V_{fn}=127V$ à $V_{ff}=220V$
- Para $V_{fn}=220V$ à $V_{ff}=380V$

7.12.3 A Fig 7-5 ilustra essa relação para um $V_{fn}=127V$ (mais comum), onde os equipamentos devem ser conectados de forma a operarem na sua tensão de fábrica.

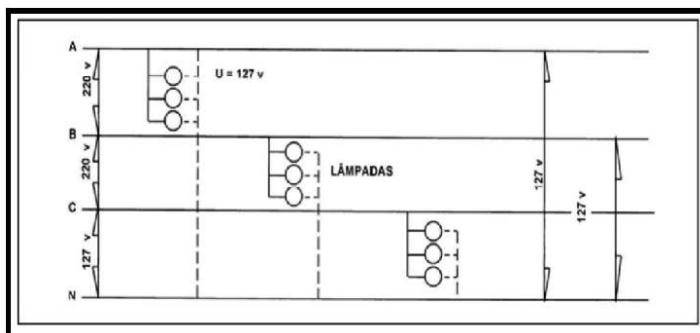


Fig 7-5 – Sistema elétrico a 4 fios

7.12.4 A potência em kVA é chamada potência aparente e retrata a potência total que o grupo gera.

7.12.5 A potência em kW (quilowatt) é chamada de potência ativa e retrata a potência total que o grupo pode efetivamente fornecer, conforme o triângulo de potências (Fig 7-6).

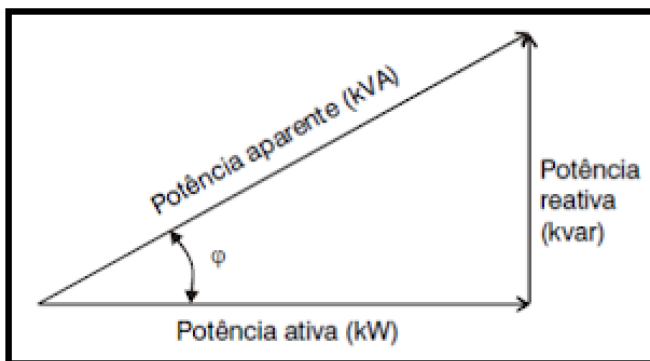


Fig 7-6 – Triângulo de potências

7.12.6 Para obtermos a POTÊNCIA ATIVA em kW, multiplicamos a potência em kVA pelo FATOR DE POTÊNCIA (FP), que também é chamado de "cos 0" "cos φ " (leia-se "cosseno fi"), lida na placa do gerador, conforme a equação $kW = kVA \times FP$.

7.12.7 Para fins de padronização, os montadores de grupos geradores estabeleceram o fator de potência de 0,80 para a apresentação de seus grupos. Assim, um grupo de 125 kVA poderia fornecer no máximo 100 kW, conforme mostra o cálculo $100 \text{ kW} = 125 \text{ kVA} \times 0,8$.

7.12.8 O fator de potência é, contudo, uma característica exclusiva da carga e não do grupo gerador. Uma carga puramente resistiva, tal como uma lâmpada incandescente ou uma resistência elétrica de aquecimento de água tem um fator de potência igual a 1,0.

7.12.9 Por outro lado, os enrolamentos de um motor elétrico são cargas indutivas e produzem a defasagem do "fator de potência" que varia conforme a potência do motor utilizado e pode ser lida na placa de identificação. Outros equipamentos também produzem a defasagem do fator de potência, mas não são relevantes para o nosso estudo. Assim, as indutâncias produzem a defasagem do fator de potência e o consumo de energia dita reativa que não é efetivamente consumida.

7.12.10 Para a escolha de um gerador devemos calcular a carga total instalada em kW, cuja potência estiver expressa em kVA deverão ser convertidas em kW através da seguinte fórmula: $kW = kVA \times FP$.

7.12.11 A verificação da frequência que está sendo produzida pelo grupo-gerador também é muito importante para o correto funcionamento dos equipamentos. Verifica-se a frequência de saída do grupo-gerador no frequencímetro instalado no painel.

7.12.12 Quando o grupo-gerador estiver operando em vazio, isto é, sem carga, é natural que a frequência esteja um pouco acima de 60 Hz assim, quando o grupo estiver com a carga máxima a frequência abaixará para 60 Hz.

7.12.13 O ajuste da frequência dos grupo-geradores é feito atuando-se no controle de velocidade (rpm) mas, na maioria dos grupo-geradores de grande porte o controle é automático.

7.12.14 Quando for necessário empregar mais de um gerador, deve-se sempre ligá-los em circuitos separados, nunca em série ou em paralelo num mesmo circuito. Tal regra é imperativa para geradores de corrente alternada portáteis porque as frequências geradas nunca serão rigorosamente as mesmas. Como o nível de tensão gerado também depende da sua frequência, deduz-se que haveria a circulação de correntes entre os geradores, o que pode vir a danificá-los.

7.12.15 A diferença entre as correntes que são produzidas em cada fase do gerador pode diferenciar no máximo 20% entre si. Se essa diferença for verificada, os circuitos que o gerador alimenta deverão ser redistribuídos entre as fases, buscando seu equilíbrio. Fases sobrecarregadas podem danificar o gerador, queimando seus enrolamentos.

7.12.16 Importante saber qual o regime de trabalho para a definição do grupo-gerador, segue abaixo os três tipos que podem ser usados de acordo com a forma de utilização:

- a) tipo contínuo para trabalho por tempo ilimitado e sem interrupção, atendendo cargas constantes em locais em que não há fornecimento de energia elétrica;
- b) tipo primer para acionamento de cargas variáveis por um número limitado de horas anuais, são indicados para uso onde as faltas de energia são programadas, tais como horários de pico; e
- c) tipo *stand-by* é utilizado em locais onde o grupo gerador substitui a fonte de energia principal da concessionária, esse sistema é normalmente empregado em aplicações de emergência em que o grupo gerador é o reserva ou *backup* da fonte de energia principal.

7.13 DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

7.13.1 SUPRIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

7.13.1.1 O abastecimento de energia elétrica em campanha pode ser mais bem entendido se imaginarmos uma usina de pequeno porte (unidades geradoras a diesel ou pequenas centrais hidrelétricas) gerando em baixa tensão e alimentando cargas próximas. A Fig 7-7 visualiza tal sistema.

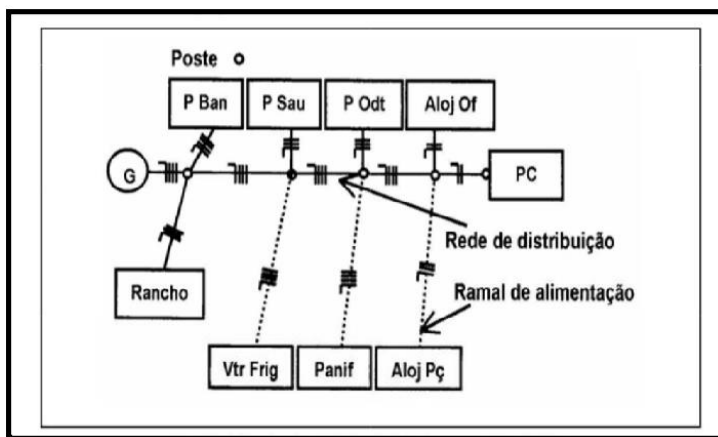


Fig 7-7 – Rede de distribuição de energia elétrica

7.13.2 Simbologia adotada:

- a) gerador;
- b) rede aérea;
- c) rede subterrânea;
- d) condutor (fio) neutro; e
- e) condutor (fio) fase.

7.13.3 A partir da unidade geradora saem quatro fios, um por fase e um para o fio neutro.

7.13.4 Os ramais de ligação, ligados a partir da rede geral de distribuição, podem ser monofásicos (um fio de fase e um fio de neutro), bifásicos (dois fios de fase e um fio de neutro) ou trifásicos (três fios de fase e um fio de neutro), conforme a potência elétrica da carga instalada e/ou as características dos equipamentos instalados.

7.13.5 Os ramais de ligação podem ser aéreos ou subterrâneos, conforme a necessidade de haver tráfego de viaturas.

7.13.6 De acordo com a Fig 7-8, os ramais de ligação, ligados a partir da rede geral de distribuição, podem ser monofásicos (um fio de fase e um fio de

neutro), bifásicos (dois fios de fase e um fio de neutro) ou trifásicos (três fios de fase e um fio de neutro), conforme a potência elétrica da carga instalada e/ou as características dos equipamentos instalados.

7.13.7 Os ramais de ligação podem ser aéreos ou subterrâneos, conforme a necessidade de haver tráfego de viaturas.

7.13.8 REDE DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA

7.13.8.1 A rede de distribuição aérea compreende o lançamento de cabos elétricos isolados ou não isolados, suspensos em isoladores redondos de plástico ou de porcelana fixados diretamente ou através de braçadeiras de ferro galvanizado, a postes de madeira, concreto ou mesmo de ferro (pontaletes) paredes de alvenaria ou madeira.

7.13.8.2 Os isoladores também podem ser improvisados com pedaços de madeira, formando espaçadores entre os fios, conforme Fig 7-8.

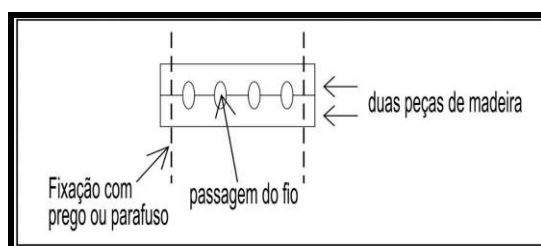


Fig 7-8 – Espaçador de madeira

7.13.8.3 A rede aérea oferece restrição à passagem de veículos e/ou equipamentos.

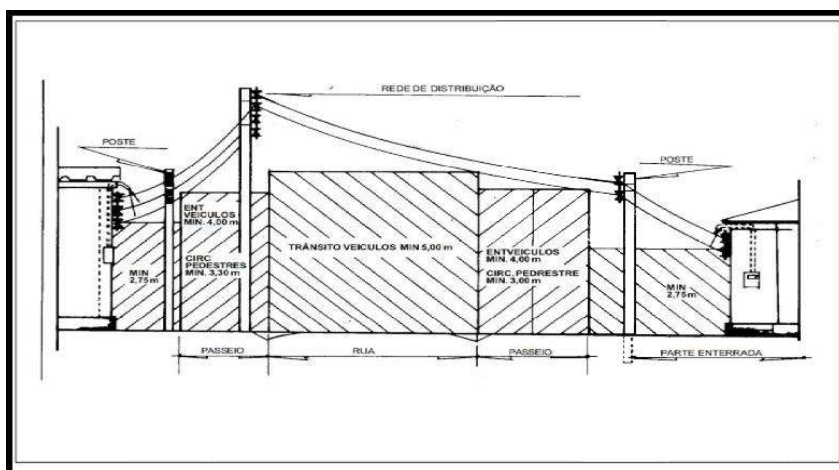


Fig 7-9 – Rede e ramal de alimentação aérea

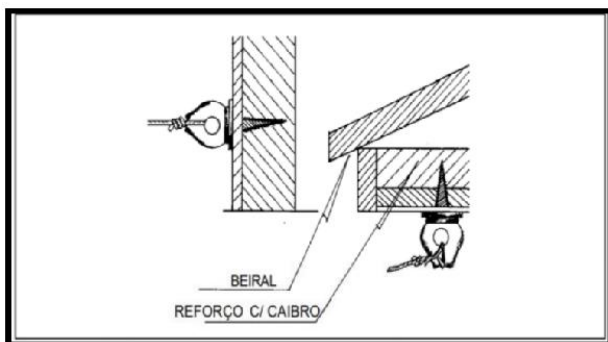


Fig 7-10 – Fixação com isolador tipo olhal 85x65 mm em casa ou poste de madeira

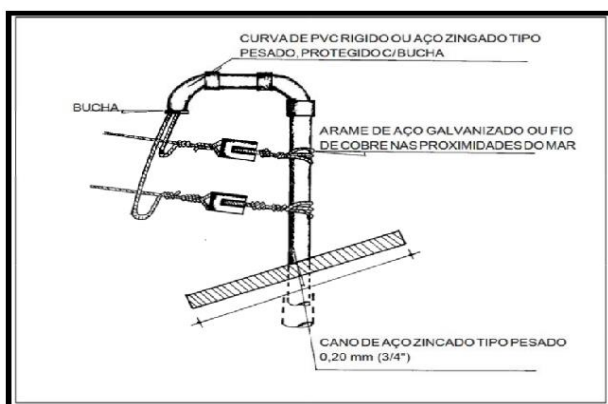


Fig 7-11 – Fixação com isolador tipo castanha 60x40 cm e entrada aérea

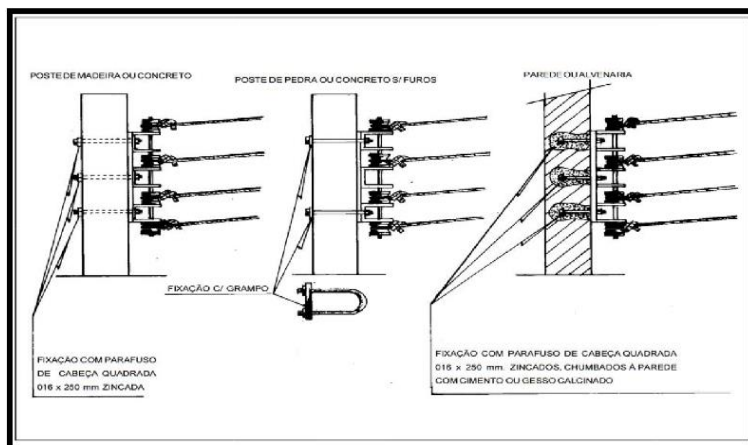


Fig 7-12 – Fixação da rede com armação secundária e isolador tipo roldana em poste ou parede

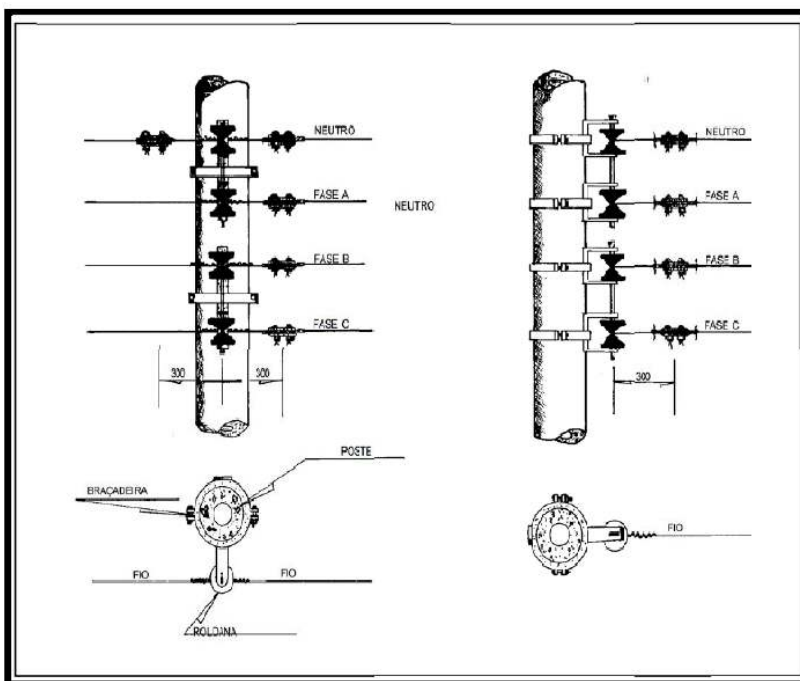


Fig 7-13 – Detalhes de fixação da rede aérea e posição do fio neutro

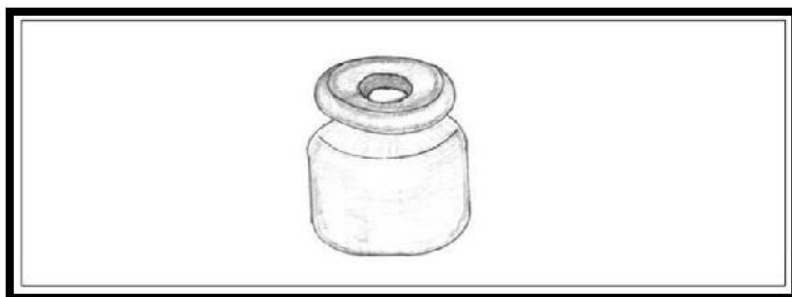


Fig 7-14 – Isolador de porcelana tipo roldana

7.13.8.4 Tipos de postes recomendados:

- a) de madeira de lei;
- b) de madeira de eucalipto tratado;
- c) cano de 90 zincado; e
- d) concreto armado.

7.13.8.5 Os postes de madeira de lei, preferencialmente, têm uma seção média de 128 cm² com uma de suas dimensões não menores do que 8 cm. Quando for de seção retangular, devem ser plantados com o eixo da maior seção transversal dirigido na direção do esforço.

7.13.8.6 Os postes de madeira de eucalipto tratado devem ter um diâmetro mínimo no topo de 12 cm, com 3 voltas de arame ou fio de cobre 4 mm² para evitar que esta extremidade rache sob a ação das intempéries.

7.13.8.7 Os postes de cano de A90 zincado devem ser do tipo pesado, com diâmetro mínimo de 75 mm (3").

7.13.8.8 Os postes de concreto armado devem ser de seção quadrada, com dimensões mínimas de 10 x 10 cm.

7.13.8.9 A rede aérea pode ser configurada sobre suportes horizontais, mas preferencialmente sobre suportes verticais.

7.13.8.10 Na configuração vertical, recomenda-se que o fio neutro seja o último de baixo para cima, ou seja, o mais alto. Esta recomendação visa a proteger o condutor neutro.

7.13.8.11 O rompimento acidental do condutor neutro provocaria a oscilação da tensão das fases da rede elétrica e os aparelhos monofásicos ficariam sujeitos a tensões elevadas, ocasionando a sua queima.

7.14 REDE DE DISTRIBUIÇÃO SUBTERRÂNEA

7.14.1 A rede de distribuição subterrânea compreende o lançamento de cabos elétricos isolados, embutidos em eletrodutos enterrados diretamente no solo ou "envelopados" em concreto.

7.14.2 O "envelopamento" consiste na abertura de uma valeta no solo onde o eletroduto é assentado e sobre ele lança-se uma camada de concreto magro (normalmente sem armação) que cubra o tubo pelo menos 5 cm.

7.14.3 Quando o concreto endurece, este protege o eletroduto contra o seu amassamento produzido, por exemplo, pela passagem do rodado de uma viatura ou o seu arrancamento acidental quando da abertura de uma vala por uma retroescavadeira.

7.14.4 Os eletrodutos podem ser de:

- a) manilhas de concreto;
- b) manilhas de barro;
- c) tubos de PVC rígido ou flexível;
- d) tubos de ferro galvanizado; e
- e) tubos de plástico preto (mangueira).

7.14.5 Caixas de passagem devem ser previstas na descida/subida da fiação no pé dos postes.

7.14.6 Os lances de tubulação devem ficar distanciados no máximo 50 m entre si, de modo a facilitar a enfiada dos cabos e a manutenção da rede.

7.14.7 Deve-se evitar que a tubulação faça curvas, preferindo-se trechos retos e, quando necessário, substituir as curvas por caixas de passagem.

7.14.8 As caixas de passagem podem ser de alvenaria ou de concreto, com tampa de concreto, sem fundo. No fundo das caixas coloca-se uma camada de 15 cm de brita média de modo que a água das chuvas não se acumule e seja drenada para o solo.

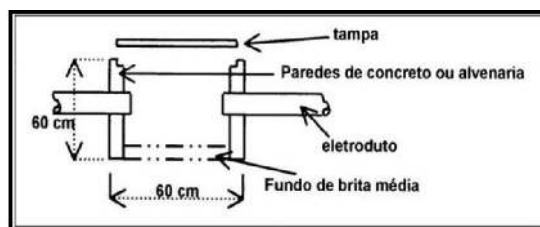


Fig 7-15 – Corte lateral de uma caixa de passagem

7.15 DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS

7.15.1 Os eletrodutos têm por finalidade:

- a) proteger os condutores contra ações mecânicas e contra corrosão;
- b) proteger o meio ambiente contra perigos de incêndio, provenientes do superaquecimento ou da formação de arcos por curto-circuito; e
- c) no caso de eletrodutos metálicos, constituir um envoltório metálico aterrado para os condutores, o que evita perigos de choque elétrico e funcionar com condutor de proteção, proporcionando um percurso para a terra.

7.15.2 NÚMERO DE CONDUTORES EM UM ELETRODUTO

7.15.2.1 Os eletrodutos podem ser embutidos em lajes de alvenaria, enterrados diretamente no solo ou envelopados ou simplesmente fixados a paredes, tetos ou outros elementos estruturais por meio de braçadeiras.

7.15.2.2 Contudo, a regra utilizada para se estabelecer a quantidade de condutores que podem caber no seu interior é a mesma.

7.15.2.3 No interior do eletroduto os cabos estão se aquecendo pelo efeito joule.

7.15.2.4 Para que os cabos possam dissipar o calor produzido é importante que a folga de espaço recomendada seja obedecida.

7.15.2.5 Como os cabos possuem uma camada isolante, a área total utilizada não será apenas a área do cobre.

7.15.2.6 A tabela 7-1 da "Pirelli" traz a seção nominal de cobre e a área total utilizada pelo condutor:

Seção Nominal mm ²	Área Total	
	Fio	Cabo
1,5	6,2	7,1
2,5	9,1	10,7
4	11,9	13,8
6	15,2	18,1
10	24,6	27,3
16	33,2	37,4
25	56,7	56,7
35	71,0	71,0
50	95	95
70	133	133
95	177	177

Tabela 7-1 – Diâmetro e área útil de eletrodutos de PVC rígido

7.15.2.7 Deve-se verificar que a soma das áreas totais dos condutores contidos num eletroduto não deve ser superior a 40% da área útil do eletroduto.

7.16 ILUMINAÇÃO

7.16.1 A intensidade de luz necessária depende do tipo de trabalho a ser realizado. Assim, trabalhos de escritório como desenho, escrituração, trabalhos de bancada tais como reparos em equipamentos eletrônicos exigirão muito mais iluminação que trabalhos de escavação, construção *etc.*

7.16.2 A medida de intensidade de iluminamento é o "lux".

7.16.3 Existem tabelas que fornecem o iluminamento (em luxes) convenientes para os diversos tipos de trabalhos, porém consideramos diretamente a potência da lâmpada que deverá ser instalada para que se tenha iluminação suficiente para os trabalhos a serem realizados.

7.16.4 Para determinação das cargas de iluminação, tanto de área de acampamento quanto de áreas de acantonamento, pode ser aplicado o seguinte critério:

- a) em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA; e
- b) em cômodos ou dependências com área superior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m² acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros.

Frações de área	Carga de iluminação (VA)
6,00	100
4,00	60
2,00	X
TOTAL:	160

Tabela 7-2 – Barraca de dez praças cuja área é de 3,00 x 4,00 = 12,00m²

7.16.5 LÂMPADAS LED

7.16.5.1 Os LED são componentes eletrônicos que geram luz com baixo consumo de energia.

7.16.5.2 A lâmpada de LED é mais econômica porque sua eficiência luminosa é maior do que as outras lâmpadas. Ou seja, gasta menos energia para gerar a mesma iluminação.

7.16.5.3 Os LED podem durar, dependendo do modelo, pelo menos vinte e cinco vezes mais que as lâmpadas incandescentes e quatro vezes mais do que as lâmpadas fluorescentes compactas. Entretanto, o tempo (em horas de funcionamento) estimado na embalagem não significa o tempo que ela vai levar para queimar e sim o período em que a lâmpada passará a funcionar com mais ou menos 70% da capacidade luminosa original. Cabe destacar que alguns fatores não relacionados com a qualidade do produto podem afetar sua durabilidade, como oscilações da rede elétrica ou mau contato no ponto de instalação.

7.16.5.4 Os LED geram menor risco para a saúde e para o meio ambiente, pois não contém mercúrio na sua constituição, como é o caso das fluorescentes compactas, e podem ser descartadas em lixo comum. Além de não emitirem radiação ultravioleta e infravermelha são mais difíceis de quebrar. E, mesmo

que isso aconteça, um revestimento especial impede que cacos se espalhem pelo ambiente preservando a saúde e segurança do usuário.

7.16.5.5 As lâmpadas de LED costumam ter tonalidades de cor diferentes e podem ser encontradas em 4 opções de voltagem: 12 V, 127 V, 220 V e bivolt.

7.17 TOMADAS DE FORÇA

7.17.1 QUANTIDADE DE TOMADAS (PREVISÃO)

7.17.1.1 Os equipamentos elétricos são normalmente alimentados por tomadas de corrente.

7.17.1.2 Segundo a finalidade a que se destina, as tomadas são classificadas em dois tipos:

- a) as de uso geral destinam-se a alimentar equipamentos de potência até 600 W que asseguram o conforto do usuário; e
- b) as de uso específico destinam-se a alimentar equipamentos especiais que, embora possam ser removidos, trabalham sempre num mesmo local.

7.17.1.3 Número de Tomadas de Uso Geral

7.17.1.3.1 Para determinação da quantidade de tomadas de uso geral tanto para área de acampamento quanto para áreas de acantonamento, pode ser aplicado o seguinte critério utilizado em residências:

- a) em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m² deve ser prevista pelo menos uma tomada; e
- b) em cômodos ou dependências com área superior a 6 m², deve ser prevista uma tomada para cada 5 m ou fração de perímetro, uniformemente distribuídas.

Frações de perímetro	Quantidades de tomadas
5,00	01
5,00	01
4,00	01
Total:	03

Tabela 7-3 – Barraca de dez praças cuja área é de 3,00 x 4,00 = 12,00 m² e perímetro = 2 x (3+4) = 14 m

7.17.1.4 Número de Tomadas de Uso Especial

7.17.1.4.1 A potência a ser disponibilizada para tomadas de uso especial dependerá do tipo de equipamento a ser empregado. Assim, é recomendável que seja feito previamente o levantamento da potência dos equipamentos especiais a serem instalados e amarrado o local de instalação.

7.17.2 POTÊNCIA DAS TOMADAS – PREVISÃO

7.17.2.1 A potência a prever nas tomadas de uso geral são:

- a) em instalações tipo banheiro, copa-cozinha e áreas de serviço, adota-se 600 VA por tomadas até 3 (três) tomadas e 100 VA para as demais;
- b) para outros cômodos ou dependências, 100 VA por tomada; e
- c) potência a prever nas tomadas de uso específico, admite-se a potência nominal (de entrada) do aparelho a ser usado.

7.17.2.2 Para o cálculo da potência elétrica de equipamentos, cuja potência mecânica seja fornecida em HP (*horse power*), em CV (cavalos vapor) ou em BTU/h (*british thermal unit per hour*) utilizado para aparelhos de ar-condicionado, considera-se a seguinte proporcionalidade:

(1) 1 HP = 746 W = 2546 BTU/h

(2) 1 CV = 736 W

7.18 DIVISÃO DAS INSTALAÇÕES EM CIRCUITOS

7.18.1 Toda a instalação deve ser dividida em vários circuitos de modo a:

- a) limitar as consequências de uma falta, a qual provocará apenas o seccionamento do circuito defeituoso;
- b) facilitar as verificações, os ensaios e as manutenções; e
- c) evitar os perigos que possam resultar da falha de um circuito único como, por exemplo, a pane geral de um circuito único de iluminação.

7.18.2 Chama-se circuito ao conjunto de pontos de consumo, alimentados pelos mesmos condutores e ligados ao mesmo dispositivo de proteção (fusível, chave ou disjuntor).

7.18.3 Nos circuitos polifásicos, os circuitos devem ser distribuídos de modo a assegurar o melhor equilíbrio possível entre as fases, isto é, todas as fases devem alimentar a mesma potência e em consequência, cada uma delas fornece a mesma corrente.

7.18.4 Cada circuito deverá ter seu próprio condutor neutro.

7.18.5 Equipamento especiais devem ter:

- a) sua própria tomada de uso específico;
- b) um circuito próprio; e
- c) disjuntores específicos no quadro de proteção.

7.18.6 Outras tomadas de uso geral podem ser agrupadas em circuitos únicos.

7.18.7 CONDUTORES ELÉTRICOS

7.18.7.1 Condutor elétrico é um corpo constituído de material bom condutor de eletricidade, destinado a transmissão de eletricidade. Em geral, de cobre eletrolítico e, em certos casos, de alumínio.

7.18.7.2 Fio é um condutor sólido, maciço, em geral de seção circular, com ou sem isolamento.

7.18.7.3 Cabo é um conjunto de fios encordoados, não isolados entre si, são mais flexíveis que os fios de mesma capacidade de carga.

7.18.7.4 Para isolar eletricamente um condutor de outro e da terra, usa-se revesti-lo de uma camada de material isolante. Um cabo isolado e um cabo que possui isolação.

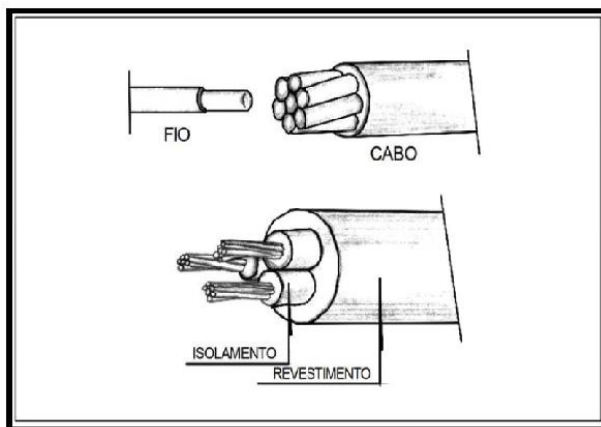


Fig 7-16 – Fio, cabo e cabo múltiplo

7.18.7.5 Os condutores elétricos são especificados por sua seção em milímetros quadrados (mm²).

7.18.7.6 A tabela 7-4 reproduz as bitolas comercializadas e fornece a capacidade de condução de corrente para cabos de cobre isolados com PVC, submetidos a uma temperatura de operação em regime contínuo de 70°C:

Seção nominal (mm ²)	Capacidade de corrente (A)
1,0	12
1,5	15,5
2,5	21
4	28
6	36
10	50
16	60
25	89
35	111
50	134
70	171
95	207
120	239
150	275
185	314
240	369
300	420

Tabela 7-4 – Capacidade de condução de corrente

7.18.8 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES ELÉTRICOS

7.18.8.1 O condutor elétrico não pode ser submetido a um aquecimento exagerado provocado pela passagem de corrente elétrica (efeito Joule), pois a isolamento do mesmo pode vir a ser danificada. Esta é a causa frequente de curtos-circuitos nas instalações. Neste caso, deve-se calcular a corrente solicitada pelo equipamento e compará-la com a capacidade de corrente admitida pelo fio na tabela de capacidade de corrente acima.

7.18.8.2 No caso de cargas monofásicas ou bifásicas, empregam-se a expressão:

$$P = V \times i$$

7.18.8.3 No caso de cargas trifásicas como motores elétricos, devem-se empregar a expressão:

$$P = V_{FF} \times i \times \sqrt{3} \times \cos\phi \times \eta$$

Onde:

P = potência do aparelho VFF = tensão entre fases;

I = corrente que circula em cada fase cose = fator de potência; e

TI = rendimento do aparelho.

7.18.8.4 Os motores utilizados em campanha são de pequeno porte, para efeitos práticos o fator de potência ($\cos \phi$) será igual a 0,85.

7.18.8.5 Para o rendimento (η), o valor padrão é igual a 0,90.

7.18.8.6 Um motor de 5 CV é igual a $5 \times 736 = 3680\text{W}$:

$$P = V_{FF} i \sqrt{3} \cos \phi \eta \rightarrow 3680 = 220 \times i \times 1,732 \times 0,85 \times 0,90 \rightarrow i = 12,62 \text{ A por fase.}$$

7.18.8.7 Em motores monofásicos ou bifásicos, note que não aplica-se o fator 3 e emprega-se a seguinte fórmula:

$$P = V_{FF} \times i \times \cos \phi \times \eta$$

Onde:

P = potência do aparelho V_{FF} = tensão entre fases;

i = corrente que circula em cada fase $\cos \phi$ = fator de potência; e

η = rendimento do aparelho.

7.18.8.8 Para que os aparelhos, equipamentos e motores possam funcionar satisfatoriamente, é necessário que a tensão, sob a qual a corrente lhes é fornecida, esteja dentro de limites admissíveis.

7.19 QUEDAS DE TENSÃO ADMISSÍVEIS

7.19.1 Ao longo do circuito desde o quadro geral até o ponto de utilização em um circuito terminal, ocorre uma queda de tensão.

7.19.2 Os limites de queda de tensão por trecho são os seguintes (Fig 7-17).

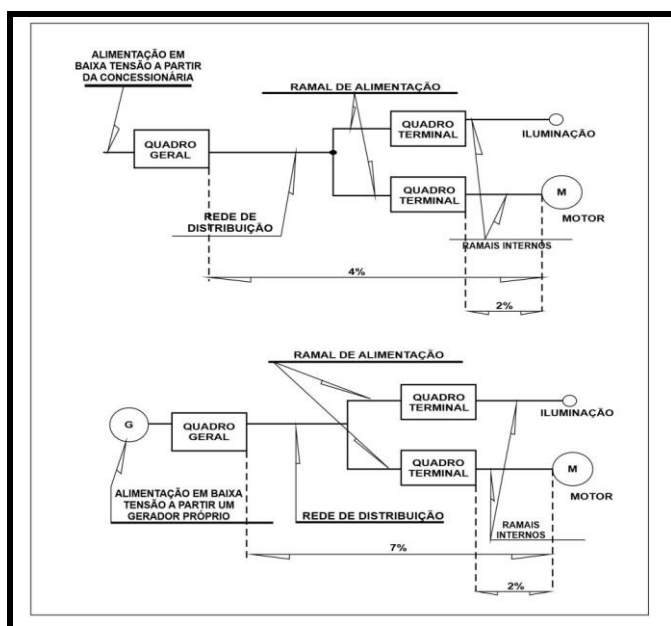


Fig 7-17– Limites de queda de tensão

7.20 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS

7.20.1 Os condutores e equipamentos que fazem parte de um circuito elétrico devem ser protegidos automaticamente contra curtos-circuitos e contra sobrecargas (intensidade de corrente acima do valor compatível com o aquecimento do condutor e que poderiam danificar a isolação do mesmo ou deteriorar o equipamento).

7.20.2 Nos condutores do ramal de alimentação, deve ser instalado um interruptor geral, com capacidade suficiente para a carga total da instalação.

7.20.3 Nunca o condutor neutro deve ser interrompido por isso, não o ligar a chaves fusíveis ou disjuntores (Fig 7-18).

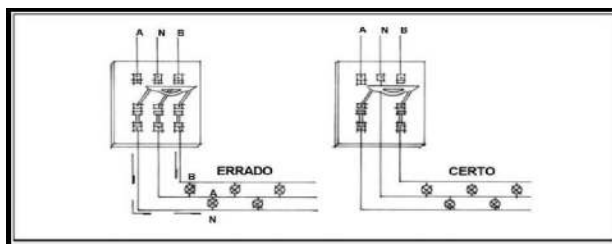


Fig 7-18 – Chave de proteção interrompendo o fio neutro

7.21 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA CURTO-CIRCUITOS

7.21.1 Dispositivos de proteção contra curtos-circuitos:

- a) fusíveis; e
- b) disjuntores termomagnéticos.

7.21.2 O fusível pode ser considerado como uma resistência que deve se fundir a passagem da corrente, abrindo o circuito.

7.21.3 Os tipos mais comuns são:

- a) fusível tipo rolha; e
- b) fusível tipo cartucho.

7.21.4 O fusível de rolha é um fusível de baixa tensão em que um dos contatos é uma peça roscada que se fixa no contato roscado correspondente da base. Praticamente está em desuso.

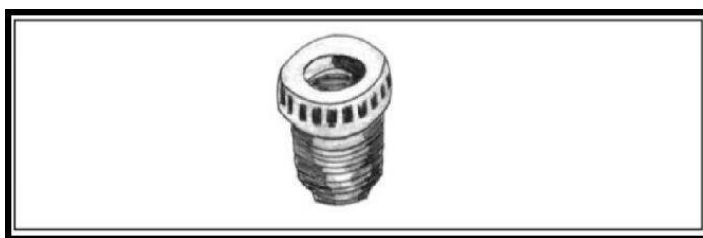


Fig 7-19 – Fusível tipo rolha

7.21.5 O fusível tipo cartucho é de baixa tensão, cujo elemento fusível está encerrado em um tubo protetor de material isolante, com contatos nas extremidades, porém estão praticamente em desuso. Há dois tipos: virola e faca.

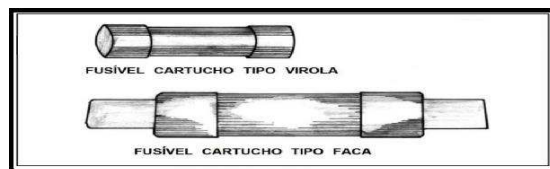


Fig 7-20 – Fusíveis tipo cartucho

7.21.6 A tabela 7-5 apresenta as classes de fusíveis com as capacidades em amperes para as quais são fabricados.

Classe (ampères)	Tipo	Capacidade para as quais são fabricados (A)
30	Rolha	6-10-15-20-25-30
30	Cartucho	10-15-20-25-30
60	Cartucho	40-50-60
100	Faca	80-100
200	Faca	150-200
400	Faca	250-300-400
600	Faca	500-600

Tabela 7-5 – Seleção de fusíveis

7.21.7 Os fusíveis são colocados em porta-fusíveis que em conjunto com chaves de faca denominam-se "chaves de faca com porta-fusíveis". Praticamente estão em desuso.

7.22 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SOBRECARGAS

7.22.1 Disjuntores termomagnéticos são dispositivos de proteção e de interrupção eventual dos circuitos. Um dos mais utilizados é o *quick-lag*, um protetor térmico que age pelo princípio do bimetal. Uma pequena sobrecarga de longa duração, uma grande sobrecarga de curta duração ou um curto-circuito provocará o desligamento do circuito elétrico.

7.22.2 Os disjuntores substituem os fusíveis com a vantagem de não se destruírem a cada acionamento, isto é, basta esperar que o elemento bimetálico se resfrie para religá-lo, ao passo que os fusíveis necessitam ser substituídos.

7.22.3 O acionamento dos disjuntores é mais confiável.

7.22.4 Os tipos de disjuntores são:

- a) disjuntores DIN (*Deutsches Institut für Normung*), melhor desempenho;
- b) disjuntores NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*); e
- c) disjuntores de caixa moldada.

7.22.5 Os disjuntores podem ser classificados segundo o número de polos em:

- a) monofásicos;
- b) bifásicos; e
- c) trifásicos.

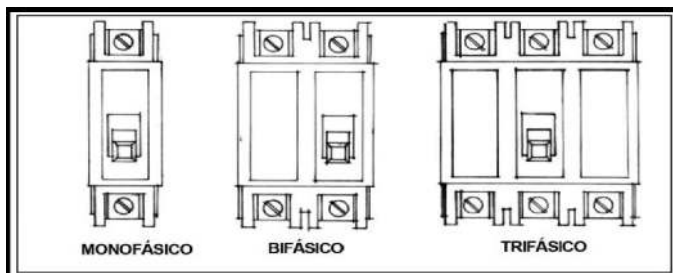


Fig 7-21 – Disjuntores *quick-lag* de caixa moldada

7.23 QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO

7.23.1 Os quadros de distribuição alojam vários disjuntores a partir dos quais nascem os diversos ramais de alimentação.

7.23.2 Os quadros de distribuição devem ser instalados:

- a) em locais de fácil acesso para que os disjuntores sejam desligados no caso de incêndio ou outro tipo de incidente; e
- b) a pelo menos 1,50 m do nível do chão; e
- c) de preferência no centro de carga da instalação, de maneira que nenhum circuito fique muito longo. O aumento do percurso exige o aumento da bitola dos condutores (mais caros) para que a queda de tensão seja atenuada.

7.23.3 As dimensões do quadro de distribuição dependem do número de disjuntores a serem instalados.

7.23.4 No projeto de uma instalação, a disposição dos disjuntores dentro de um quadro de distribuição é representada por meio de um diagrama unifilar como representado na Fig 7-23. Onde:

- a) o disjuntor de proteção do circuito S 1 é monopolar ou monofásico de 15A;
- b) o disjuntor de proteção do circuito S 2 é bipolar ou bifásico de 30A;
- c) o disjuntor de proteção do circuito S 3 é tripolar ou trifásico de 50A; e
- d) o disjuntor de proteção do circuito geral é tripolar ou trifásico de 70A.

7.23.5 O disjuntor geral não é calculado pelo somatório de todas as correntes nominais dos disjuntores logo abaixo instalados, mas pelo cálculo da demanda dos circuitos.

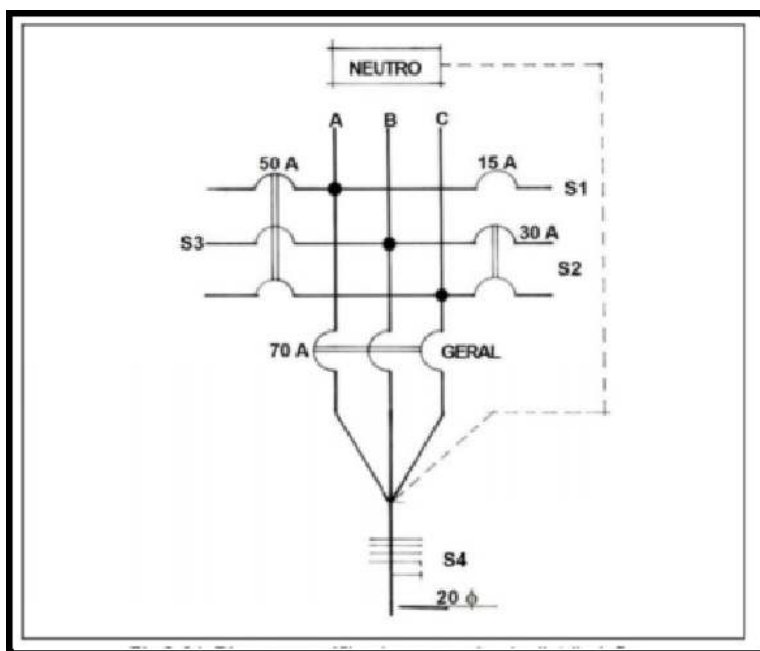


Fig 7-22 – Quadro de distribuição de circuitos

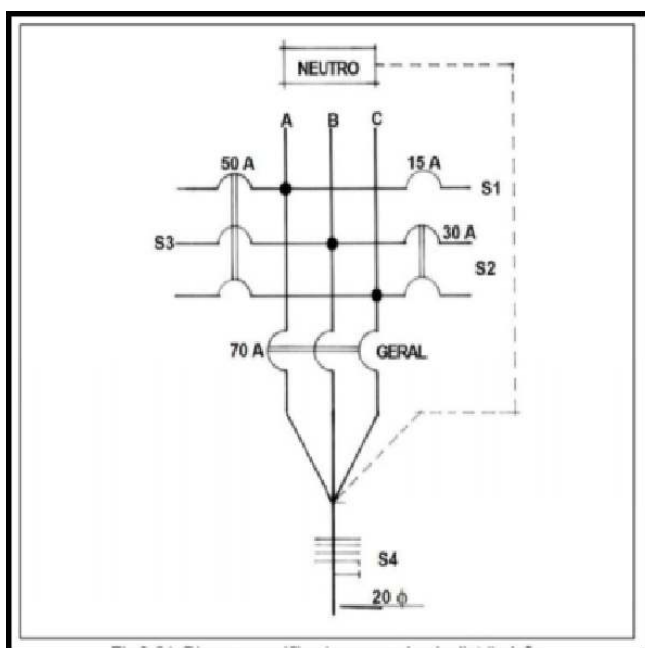


Fig 7-23 – Diagrama unifilar de um quadro de distribuição

7.24 FATOR DE DEMANDA

7.24.1 O fator de demanda é um número obtido empiricamente considerando-se que nem todos os equipamentos e lâmpadas estarão ligados e nem todas tomadas instaladas serão utilizadas ao mesmo tempo, ou seja, deve-se planejar um sistema com capacidade ociosa.

7.24.2 Para simplificar o estudo, pode-se utilizar as tabelas 7-6, 7-7, 7-8, 7-9, 7-10 e 7-11, abaixo reproduzidas, para o cálculo da demanda de instalações.

7.24.3 Fator de demanda de iluminação e tomadas:

Tipo de instalação	Fator de demanda (%)
Auditórios, salões para exposição e semelhantes	86
Bancos	86
Barbearias, salões de beleza e semelhantes	86
Clubes e semelhantes	86
Escolas e semelhantes	86 para os primeiros 12 kW 50 para o que exceder de 12 kW
Escritórios	86 para os primeiros 20 kW 70 para o que exceder de 20 kW
Garagem, áreas de serviço e semelhantes	86
Hospitais e semelhantes	40 para os primeiros 50 kW 20 para o que exceder de 30 kW
Hotéis e semelhantes	50 para os primeiros 20 kW 40 para os seguintes 80 kW 30 para o que exceder de 100 kW
Igrejas e semelhantes	86
Lojas e semelhantes	86
Residências	0 < P(kW) < 1 86
	1 < P(kW) < 2 75
	2 < P(kW) < 3 66
	3 < P(kW) < 4 59
	4 < P(kW) < 5 52
	5 < P(kW) < 6 45
	6 < P(kW) < 7 40
	7 < P(kW) < 8 35
	8 < P(kW) < 9 31
	9 < P(kW) < 10 27
	10 < P(kW) 24

Tabela 7-6 – Fator de demanda para iluminação e tomadas

7.24.4 Fator de demanda para aparelhos de aquecimento de água:

Número de aparelhos	Fator de demanda (%)
1	100
2	75
3	70
4	66
5	62
6	59
7	56
8	53
9	51

Tabela 7-7 – Fator de demanda para aparelhos elétricos de aquecimento de água

7.24.5 Fator de demanda para condicionadores de ar tipo janela instalados em residências:

Número de aparelhos	Fator de demanda (%)
Até 10	100
De 11 a 20	85
De 21 a 30	80
De 31 a 40	75
De 41 a 50	70

Tabela 7-8 – Fator de demanda para aparelhos de condicionamento de ar tipo janela

7.24.6 Fator de demanda para condicionadores de ar tipo janela instalados em escritórios:

Número total de motores	Fator de demanda (%)
1	100
2	90
De 3 a 5	80
Mais de 5	70

Tabela 7-9 – Fator de demanda para motores

7.24.7 Fator de demanda individual para máquinas de solda a transformador e aparelhos de raios-X e galvanização.

Equipamento	Potência do aparelho	Fator de demanda (%)
Solda a arco e aparelhos de galvanização	1º maior	100
	2º maior	70
	3º maior	40
	soma dos demais	30
Solda a resistência	Maior	100
	Soma dos demais	60
Aparelho de raios x	Maior	100
	Soma dos demais	70

Tabela 7-10 – Fator de demanda para aparelhos especiais

7.24.8 Exemplo de aplicação do fator de demanda. Seja uma unidade residencial com os seguintes equipamentos instalados já distribuídos por circuitos.

7.24.9 De posse das cargas, faz-se a distribuição dos circuitos pelas três fases, buscando o seu equilíbrio.

Equipamento	Potência instalada (W)	Circuito
Iluminação	800	1
Torneira elétrica	3.000	2
Tomadas de uso geral da cozinha	960	3
Tomadas de uso geral área de serviço	960	4
Tomadas de uso geral do banheiro e entrada	560	5
Chuveiro elétrico	4.000	6
Máquina de lavar	616	7
Ar condicionado de janela	1.144	8
Tomadas de uso geral sala e quarto	480	9
Reserva	1.000	10

Tabela 7-11 – Distribuição por circuito

Circuito	Fase A (W)	Fase B (W)	Fase C (W)	Disjuntor (A)	Disjuntor (tipo)
1	800	-	-	10	Monofásico
2	-	1.500	1.500	20	Bifásico
3	960	-	-	10	Monofásico
4	-	960	-	10	Monofásico
5	-	-	560	10	Monofásico
6	2.000	-	2.000	25	Bifásico
7	616	-	-	10	Monofásico
8	-	1.114	-	15	Monofásico
9	-	-	480	10	Monofásico
10	-	1.000	-	15	Monofásico
Total	4.376	4.604	4.540	?	Trifásico

Tabela 7-12 – Distribuição de carga

7.24.10 Para o cálculo do disjuntor geral, adota-se o seguinte cálculo do fator de demanda:

a) de iluminação e tomadas utilizando a tabela 7-13;

Até 1 kW	0,86	1 x 0,86	= 0,86
De 1 até 2 kW	0,75	1 x 0,75	= 0,75
De 2 até 2 kW	0,66	1 x 0,66	= 0,66
De 3 até 2 kW	0,59	1 x 0,59	= 0,59
De 4 até 2kW	0,52	(4,76-4)x0,52	=0,39
D1 = 3,25 kW			

Tabela 7-13 – Cálculo do disjuntor geral de iluminação e tomadas

b) de aparelhos de aquecimento de água utilizando dois aparelhos de aquecimento de água $D2 = 7 \times 0,75 = 5,25 \text{ kW}$; e

c) de aparelhos de ar-condicionado tipo janela utilizando $D3 = 1,144 \times 1 = 1,144 \text{ kW}$.

7.24.11 Demanda para motores elétricos (máquina de lavar) utilizando:

$D4 = 0,616 \times 1 = 0,616 \text{ kW}$. A demanda será a soma de: $D1+D2+D3+D4 = 3,25+5,25+1,144+0,616 = 10,26 \text{ kW}$ A corrente em cada fase será de:
 $P = VFF \cdot I \cdot \sqrt{3} \rightarrow I = \frac{P}{VFF \cdot \sqrt{3}} = \frac{10260}{220 \cdot \sqrt{3}} = 26,92 \text{ A}$
 Assim, o disjuntor de proteção geral será: $26,92 \times 1,25 = 33,66 \rightarrow 35 \text{ A}$

7.26.3 O aterramento é executado com o emprego de:

- a) eletrodo de aterramento;
- b) condutor de proteção (fio terra); e
- c) conector de aterramento (*split bolt*).

7.26.3.1 Eletrodo de aterramento – formado por um condutor ou conjunto de condutores (ou barras) em contato direto com a terra, podendo constituir a malha de terra, ligados ao terminal de aterramento. Quando o eletrodo de aterramento é constituído por uma barra rígida, denomina-se haste de aterramento.

7.26.3.2 Condutor de proteção (terra) – condutor que liga as massas e os elementos condutores estranhos à instalação entre si e/ou a um terminal de aterramento principal.

7.26.4 A seção mínima dos condutores de proteção pode ser determinada pela tabela 7-21.

Seção dos condutores fase (S) (mm ²)	Seção mínima dos condutores de proteção (mm ²)
S < 16 mm ²	S
16 < S < 35	16
S > 35	S' = S / 2

Tabela 7-14 – Escolha da seção dos condutores de proteção

7.26.5 Em cada edificação, no ponto de alimentação de energia e como parte integrante da instalação, deverão ser instalados um ou mais eletrodos de aterramento, formando uma malha, os quais deverão ser conectados ao condutor neutro do ramal de entrada.

7.26.6 Os equipamentos elétricos, suas estruturas e todas as partes condutoras normalmente sem tensão deverão ser permanentemente ligados à terra.

7.26.7 Antes de se iniciar o abastecimento de cisternas de combustível, recomenda-se que a carroceria de caminhões tanques seja aterrada na borda dos tanques subterrâneos (que por estarem na terra já estão aterrados), para eliminar a probabilidade de haver descargas elétricas estáticas.

7.26.8 Pode-se encontrar correntes penduradas em caminhões tanque de combustível fazendo a vez de condutores de aterramento.

7.26.9 Carros oficina que utilizam energia elétrica em baixa tensão fornecida por outras instalações devem também ter suas carrocerias aterradas.

7.27 ELETRODOS DE ATERRAMENTO

7.27.1 Deve ser utilizado preferencialmente, como eletrodo de aterramento, haste de aço cobreado com comprimento mínimo de 2,00 m.

7.27.2 Inspeções periódicas devem ser feitas nas ligações objetivando garantir as condições ideais de aterramento.

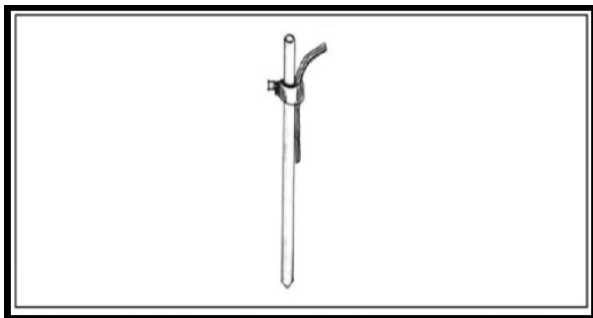


Fig 7-25 – Haste de aterramento aço cobreado | 5/8" a 1" | 1500 a 6000 mm

7.27.3 CONDUTORES DE ATERRAMENTO

7.27.3.1 O condutor de aterramento deve ser de cobre, preferencialmente nu, de seção mínima dimensionada em função dos condutores do ramal de entrada.

7.27.3.2 O condutor de aterramento deve ser tão curto e retilíneo quanto possível, sem emendas e não conter chaves ou quaisquer dispositivos que possam causar interrupção.

7.27.3.3 O ponto de conexão do condutor de aterramento com o eletrodo deve ser acessível à inspeção e protegido mecanicamente por meio de caixa de cimento, alvenaria ou similar.

7.27.3.4 A conexão deve ser feita preferencialmente por meio de conectores especiais à prova de corrosão, conforme a Fig 7-26.

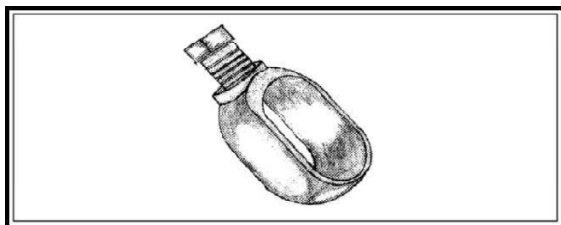


Fig 7-26 – Conector de bronze para aterramento para haste 3/8 a 1" ou tubo 1/8" a 3/4"

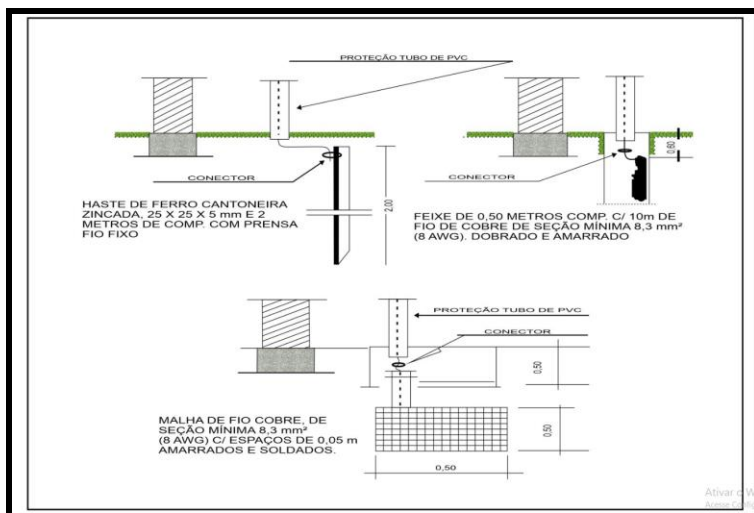


Fig 7-27 – Formas de aterramento

7.27.4 NÚMERO DE ELETRODOS

7.27.4.1 Consumidores com demanda avaliada até 75 kVA – devem ser instaladas, no mínimo, uma haste.

7.27.4.2 Consumidores com demanda avaliada entre 75 e 200 kVA – devem ser instaladas, no mínimo, três hastes em paralelo e separadas entre si, pelo menos, por um comprimento igual ao da haste.

7.27.4.3 Consumidores com demanda superior a 200 kVA – devem ser instaladas, no mínimo, seis hastes em paralelo e separadas entre si, pelo menos por um comprimento igual ao da haste.

7.27.5 MALHA DE ATERRAMENTO

7.27.5.1 A malha de aterramento compõe-se de eletrodos de aterramento cravados no solo, espaçados entre si pelo menos na medida do seu comprimento e os condutores de aterramento que os interligam (Fig 7-27).

7.27.5.2 A disposição dos eletrodos é variável podendo ser dispostos:

- a) em um quadrado;
- b) em um triângulo;
- c) em um círculo; e
- d) em uma malha.

7.27.5.3 As malhas de aterramento de uma instalação ou conjunto de instalações devem, na medida do possível, ser todas interligadas para evitar circulação de correntes espúrias.

7.27.5.4 Em terrenos rochosos, onde não seja possível cravar hastes, as malhas de aterramento podem ser montadas com chapas metálicas enterradas o máximo possível, interligadas entre si ou com cordoalhas lançadas no terreno, também enterradas o máximo possível e interligadas entre si.

7.27.5.5 Em terrenos muito secos, pode-se lançar mão de um recurso expedito para manutenção do nível de aterramento utilizando-se como eletrodo de terra um radiador velho de caminhão ou trator, enterrado a 2 (dois) ou 3 (três) metros de profundidade. Encarrega-se alguém de despejar um balde de água pela manilha periodicamente. A água, saindo pelos furos (que o radiador velho certamente possui) manterá o terreno úmido e com baixa resistência, conforme a Fig 7-29.

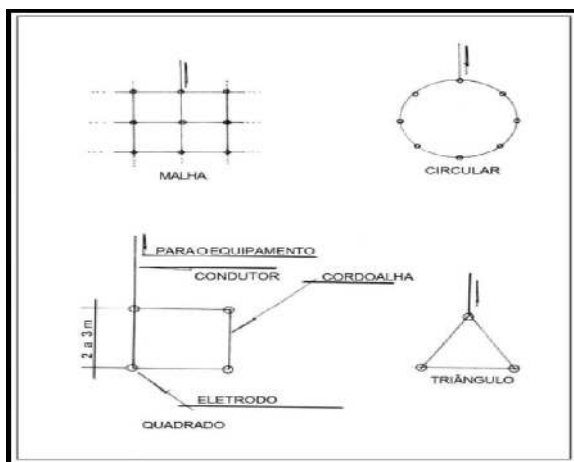


Fig 7-28 – Configurações de malha de aterramento

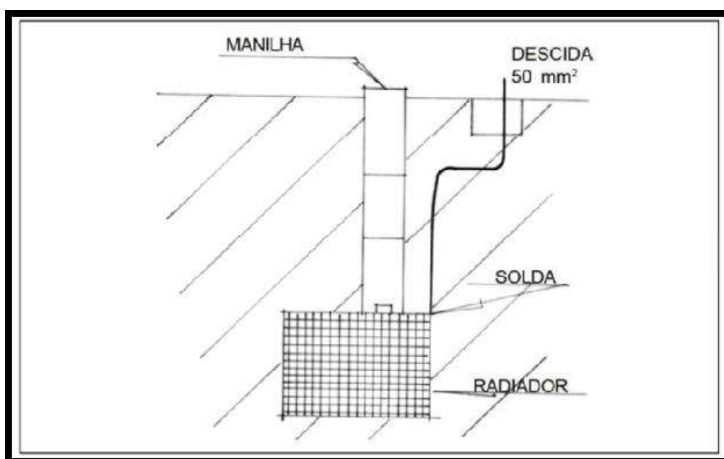


Fig 7-29 – Aterramento expedito em terrenos muito secos

7.28 PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS

7.28.1 ACIDENTES

7.28.1.1 O emprego da eletricidade tem sido responsável por inúmeros acidentes, muitos dos quais fatais, que tem vitimado pessoas em seus lares e em seus locais de trabalho.

7.28.1.2 Modernas técnicas de instalação e novos dispositivos de segurança têm sido desenvolvidos com o objetivo de evitar que correntes elétricas, capazes de causar lesões, atinjam pessoas que, de alguma maneira, utilizam a eletricidade ou mesmo são vitimadas por descargas elétricas acidentais.

7.28.1.3 Alguns acidentes de origem elétrica são:

- a) operários da construção civil, eletrocutados ao tocar em peças metálicas acidentalmente energizadas nos canteiros de obras, que caem do alto de pontes e prédios em construção ao serem repelidos ao pisar em poças de água energizadas por condutores “desencapados” jogados pelo chão;
- b) soldadores eletrocutados ao utilizarem a máquina de solda elétrica exposta ao tempo em dias chuvosos, dispensando a mínima proteção;
- c) operadores de geradores que ficam grudados aos barramentos por imprudência, imperícia ou negligência;
- d) técnicos fulminados em bancadas sem proteção adequada, ao fazerem consertos em equipamentos; e
- e) “domésticos”, muitos deles também fatais, em chuveiros e torneiras elétricas, em piscinas, saunas e banheiras de hidromassagem.

7.28.1.4 A experiência tem mostrado que as principais falhas residem nos aterramentos malfeitos ou até mesmo inexistentes, e na ausência de dispositivos específicos para proteção contra choques.

7.28.2 EFEITOS FISIOLÓGICOS DA CORRENTE ELÉTRICA

7.28.2.1 Qualquer atividade biológica, seja ela glandular, nervosa ou muscular é originada de impulsos de corrente elétrica.

7.28.2.2 Se a corrente fisiológica interna somar-se a uma corrente de origem externa, devido a um contato elétrico, pode ocorrer no organismo vivo uma alteração das funções vitais normais que, dependendo da duração da corrente, pode levar o indivíduo até a morte.

7.28.2.3 Experiências realizadas a partir dos anos 30 com animais, seres humanos vivos e cadáveres, na Alemanha, na França e nos EUA, permitiram definir quatro fenômenos patológicos críticos: tetanização, parada respiratória, queimaduras, e fibrilação ventricular.

7.28.2.4 Tetanização

7.28.2.4.1 Tetanização é a paralisia muscular provocada pela circulação da corrente através dos tecidos nervosos que controlam. Superposta aos impulsos de comando da mente, a corrente os anula, podendo bloquear um membro ou o corpo inteiro. De nada valem, nesses casos, a consciência do indivíduo e sua vontade de interromper o contato.

7.28.2.4.2 Ao se testar pelo toque, se um condutor está energizado ou se está sobreaquecido, devemos tocá-lo com o dorso dos dedos ou da mão e nunca com a ponta dos dedos ou com a palma da mão. O choque tende a contrair os músculos fechando a mão sobre o condutor. O indivíduo não conseguirá abri-la voluntariamente por mais que tente.

7.28.2.5 Parada Respiratória

7.28.2.5.1 Quando o músculo abdominal ou o diafragma são atingidos por uma corrente elétrica (tetanização), os pulmões são bloqueados e a função vital de respiração parar. Trata-se de uma situação de emergência que não deve perdurar mais de 5 (cinco) minutos. Este é o tempo limite para que a falta de oxigênio não provoque a morte cerebral ou lesões cerebrais irreversíveis. Devido a potência do choque, a vítima tende, normalmente, a engolir a língua e sufocar.

7.28.2.5.2 Deve-se, como procedimento de primeiros socorros em caso de acidente com eletricidade, abrir a boca da vítima e verificar se a língua não está enrolada.

7.28.2.6 Queimaduras

7.28.2.6.1 A passagem de corrente elétrica pelo corpo humano é acompanhada do desenvolvimento de calor por efeito joule (fenômeno físico que transforma energia elétrica em calor), podendo produzir queimaduras. Nos pontos de entrada e de saída de corrente a situação torna-se mais crítica, tendo em vista, principalmente a elevada resistência da pele e a maior densidade de corrente naqueles pontos.

7.28.2.6.2 As queimaduras produzidas por corrente elétrica são, via de regra, as mais profundas e as de cura mais difícil, podendo mesmo causar a morte por insuficiência renal.

7.28.2.7 Fibrilação Ventricular

7.28.2.7.1 Se a corrente elétrica atingir diretamente o músculo cardíaco, poderá perturbar o seu funcionamento regular. Os impulsos periódicos que em condições normais regulam as contrações (sístole) e as expansões (diástole)

são alterados e o coração vibra desordenadamente. Em termos técnicos o coração “perde o passo”. A situação é de emergência extrema porque cessa o fluxo vital de sangue ao corpo. A fibrilação só pode ser anulada mediante o emprego de um equipamento chamado “desfibrilador”, disponível, geralmente, apenas em hospitais e prontos-socorros. Contudo, a massagem cardíaca é de extrema importância para a manutenção da vida até o atendimento médico. A aplicação do desfibrilador deve ser feita dentro de 5 (cinco) minutos do acidente, para não ocorrer morte cerebral ou lesões cerebrais irreversíveis.

7.28.2.7.2 Observe-se que a fibrilação é um fenômeno irreversível que se mantém mesmo após cessada a causa (a vítima não está mais submetida ao choque elétrico).

7.28.3 CONTATOS DIRETOS

7.28.3.1 Por contato direto deve-se entender o contato accidental, seja por falha de isolamento, por ruptura ou remoção indevida de partes isolantes, ou por atitude imprudente de uma pessoa com uma parte elétrica normalmente energizada (parte viva) (Fig 7-30).

7.28.3.2 Os contatos diretos são provocados, via de regra, por terminais não isolados, condutores e cabos com isolação danificada ou deteriorada, equipamentos de utilização velhos *etc.*

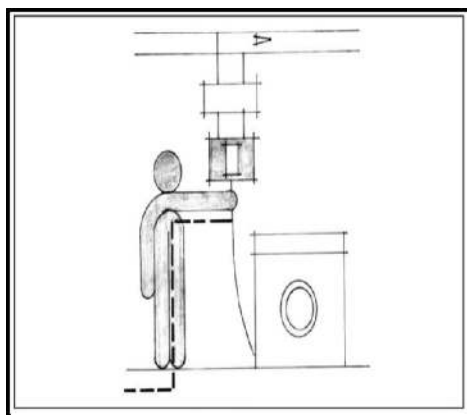


Fig 7-30 – Choque direto

7.28.4 CONTATOS INDIRETOS

7.28.4.1 Por contato indireto deve-se entender o contato entre uma pessoa e uma parte metálica de uma instalação ou de um componente normalmente sem tensão, mas que pode ficar energizado por falha de isolamento ou por uma falha interna (Fig 7-31).

7.28.4.2 Todos os invólucros metálicos de partes metálicas, isto é, todas as massas invólucros de eletrodomésticos, carcaças de motores, caixas e condutos estão sujeitos a esse tipo de falha, que é particularmente perigoso porque o usuário não suspeita da energização acidental e não está preparado para evitar o acidente.

7.28.4.3 A norma NBR 5410/90 prescreve que todas as massas devem estar aterradas através de condutores de proteção e que um dispositivo deve interromper automaticamente a alimentação do circuito onde ocorreu a falta, ou seja, onde a massa ficou energizada, de modo que não seja possível a permanência de tensões de contato perigosas.

7.28.4.4 O dispositivo deve sentir a corrente de falta que vai para a terra e atuar num tempo muito curto da ordem de décimos de segundos. Este tipo de atuação rápida só pode ser obtido com dispositivos diferenciais residuais.

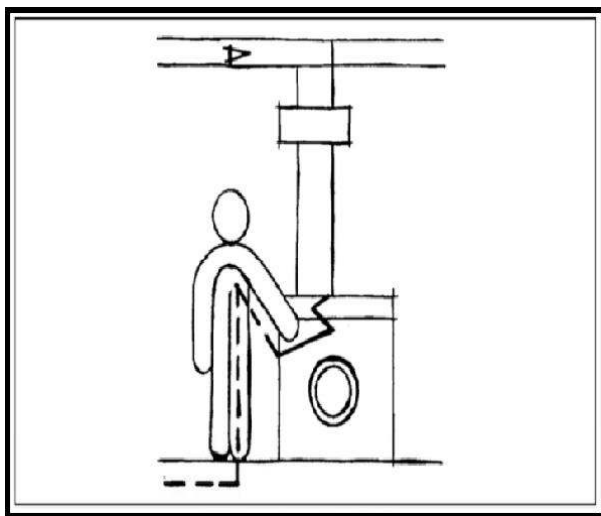


Fig 7-31 – Choque indireto

7.29 DESCARGAS ELÉTRICAS ATMOSFÉRICAS

7.29.1 Descargas elétricas atmosféricas têm muita importância devido às atividades desenvolvidas pelo militar expondo-se em campo aberto, na beira de cursos de água ou navegando neles, operando equipamentos de comunicações, deslocando tropa ou instalando-se em área de acampamentos.

7.29.2 Toda a atividade representa um perigo potencial para a tropa, se não forem conhecidos princípios básicos de proteção contra descargas atmosféricas.

7.29.3 A INCIDÊNCIA DAS TROVOADAS

7.29.3.1 A trovoada pode ser definida como conjunto de fenômenos eletromagnéticos, acústicos e luminosos que ocorrem numa descarga atmosférica.

7.29.3.2 O número de dias de trovoada que ocorrem por ano em uma dada localidade e o seu índice será único. Esse parâmetro vem sendo usado há muitos anos pelos meteorologistas para caracterizar atividade relativa às descargas atmosféricas em uma localidade, de modo que se pode calcular a probabilidade de caírem raios.

7.29.3.3 O valor médio das intensidades das correntes dos raios obtido pela CEMIG fica em torno de 45 kA. O valor medido obtido pelo CIGRÉ fica em torno de 35 kA.

7.29.4 FENÔMENO NO SOLO

7.29.4.1 Os raios podem causar a morte de pessoas e animais e danos materiais por vários efeitos, que podem ser analisados considerando-se todos os fenômenos ligados a uma descarga entre nuvens e terra.

7.29.4.2 Quando um líder ascendente, saindo de um solo plano, se encontra com o líder descendente forma-se a descarga de retomo, que é de grande intensidade, produzindo:

- a) uma grande elevação de temperatura no centro do canal do raio e, em consequência, uma violenta explosão do ar, com o ruído de um estrondo, que é o trovão;
- b) fortes campos magnéticos, em torno do canal do raio, que se propagam a centenas de metros; e
- c) linhas radiais de corrente no solo, com origem no ponto de impacto do raio.

7.29.4.3 Existe uma foto de um campo de golfe onde a grama foi “queimada”, no percurso da corrente, mostrando um conjunto de linhas convergindo para o ponto de impacto. Essas linhas são as que foram percorridas pela corrente.

7.29.4.4 Ao longo das linhas de corrente, existem quedas de tensão variáveis com a resistividade do solo. Unindo os pontos de mesmo potencial ao longo das linhas de corrente, têm-se um conjunto de curvas “concêntricas”. Se o terreno tivesse resistividade uniforme, ter-se-iam uma série de retas radiais (linha de corrente) a partir do ponto de impacto e uma série de círculos concêntricos (linhas equipotenciais).

7.29.4.5 Ao longo do tronco de uma árvore, há equipotenciais elevados e, a partir da raiz (ou raízes), saem linhas de corrente concêntricas com o mesmo aspecto. A árvore pode se incendiar, se o raio for de baixa intensidade

decorrente, mas de grande duração, ou romper-se com pouca carbonização, se o raio for de grande intensidade e pequena duração. Neste último caso é a rápida evaporação da água que provoca a explosão. Esses dois efeitos originaram as oscilações de raio incendiário e raio explosivo.

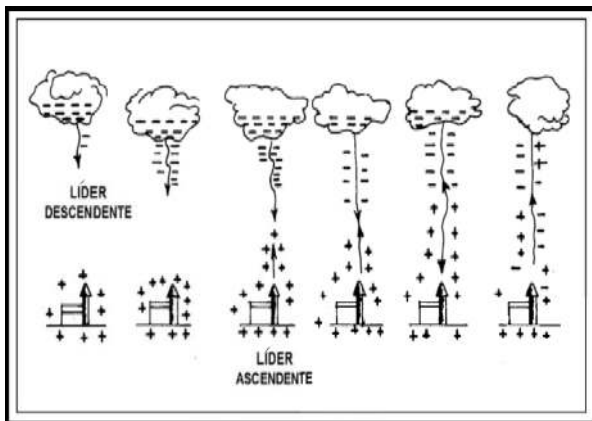


Fig 7-32 – Descarga atmosférica

7.29.5 TENSÃO DE PASSO

7.29.5.1 A partir do ponto de impacto, um raio produz a elevação da tensão no solo em círculos concêntricos equipotenciais.

7.29.6 TENSÃO DE TOQUE

7.29.6.1 Ao se deslocar no campo durante uma tempestade, deve-se orientar a tropa para que se mantenha afastada das cercas.

7.29.6.2 Se houver a queda de um raio próximo a um alambrado, cerca ou outra estrutura metálica, energizando-a temporariamente e um homem, de pé, neles estiver se apoiando com uma ou as duas mãos, haverá a passagem de corrente elétrica pelo tronco desde as mãos até os pés, o que provavelmente causará a sua morte.

7.29.6.3 Caso se necessite aterrar as cercas para reduzir o perigo da eletricidade estática, basta interligar os arames das cercas e ligar este arame de interligação a uma haste (cano de água galvanizado, cantoneira de aço galvanizado etc.) de comprimento de 0,50 a 1,00 m. A cada dois ou três aterramentos é conveniente seccionar a cerca (para reduzir os potenciais de eletricidade acumulada) com isoladores cerâmicos ou mesmo improvisando-se com pedaços de madeira de 30 a 50 cm ou seccionar a cerca com o uso de motores duplos.

7.29.7 DESCARGAS LATERAIS

7.29.7.1 Em uma situação parecida com a anterior, entre o condutor da corrente e a cabeça da vítima aparece uma tensão tão alta que ocorre uma descarga disruptiva, causando frequentemente a morte. Esta é a causa mais frequente de morte, pois as pessoas procuram se abrigar da chuva embaixo das árvores e são atingidas pelas descargas, ou sofrem os efeitos dos campos magnéticos no taco formado entre elas e a árvore. É possível também que a causa da corrente seja o campo magnético no laço formado entre a pessoa e o condutor.

7.29.8 DESCARGAS DIRETAS

7.29.8.1 Uma pessoa andando em campo aberto pode se tornar o alvo e receber diretamente o impacto do raio, caso em que raramente resiste às queimaduras e aos efeitos da corrente sobre o cérebro e sobre o coração. Os poucos sobreviventes são as vítimas que foram atingidas por um ramo ou braço menor do raio, com corrente de baixíssima intensidade, como foi o caso do treinador físico do São Paulo F. C, em 1997, atingido por um ramo da descarga principal, ou do jogador Carlos Alberto Borges, do Palmeiras, em 1983.

7.29.9 RECOMENDAÇÕES PARA PROTEÇÃO PESSOAL

7.29.9.1 Analisando os efeitos das descargas atmosféricas, pode-se estabelecer algumas regras de proteção pessoal:

- a) se estiver em campo aberto e aproximar uma tempestade, deverá procurar abrigo dentro de uma casa;
- b) se não houver possibilidade de abrigar-se, abaixar-se e com os pés juntos e mãos sobre os joelhos, aguardar a passagem da trovoadas;
- c) não permanecer na praia ou piscina, saindo imediatamente à procura de um abrigo;
- d) se estiver dentro da água (praia, piscina, rio) deve-se sair porque na água surgirão diferenças de potencial bem maiores e mais perigosas do que as geradas no solo, as quais poderão fazer passar pelo tronco correntes elevadas, suficientes para provocar uma parada cardíaca;
- e) afastar-se de peças metálicas grandes e expostas: grades, tanques, alambrados, equipamentos de construção, escadas *etc.*;
- f) se estiver pescando, retirar a linha e vara de dentro de água;
- g) suspender os jogos quando se inicia uma trovoadas. O gramado pode ser protegido por cabos suspensos na direção transversal do campo com três cabos de aço de 50 mm², dispostos sobre a linha divisória e sobre as linhas das duas grandes áreas e a uma altura na parte mais baixa de 10 m; e
- h) em parques de diversão os riscos são maiores porque os brinquedos são altos e metálicos, constituindo-se em alvos para os raios e as pessoas podem ser atingidas por um braço do raio ou serem vítimas do pânico. Os equipamentos devem ser desligados com calma e as pessoas conduzidas para abrigos.

7.29.10 COMPONENTES BÁSICOS DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO

7.29.10.1 Um sistema de proteção tem basicamente três sistemas de componentes, a saber:

- a) captadores;
- b) descidas; e
- c) malha de aterramento.

7.29.10.2 O sistema de captadores tem a função de receber os raios, reduzindo ao mínimo a probabilidade de a estrutura ser atingida diretamente por eles e deve ter a capacidade térmica e mecânica suficiente para suportar o calor gerado no ponto de impacto, bem como os esforços eletromecânicos resultantes. A corrosão dos agentes poluentes deve ser levada em conta na escolha do tipo de material. Como exemplo, os captadores podem ser do:

- a) tipo Franklyn;
- b) tipo Melsen ou minicaptadores; e
- c) tipo radioativo (desuso).

7.29.10.3 O sistema de descidas tem a função de conduzir a corrente do raio recebida pelos captadores até o aterramento, reduzindo ao mínimo a probabilidade de descargas laterais e de campos eletromagnéticos perigosos. No interior da estrutura deve ter ainda capacidade térmica para suportar o aquecimento produzido pela passagem da corrente, resistência mecânica para suportar os esforços eletromecânicos e boa resistência à corrosão.

7.29.10.4 A seção mínima dos condutores cilíndricos e cabos deve ser:

material	Seção mínima (mm ²)
Cobre	35
Alumínio	70
Aço	50

Tabela 7-15 – Seção mínima para condutores

7.29.10.5 O sistema de aterramento tem a função de dispersar no solo a corrente recebida dos condutores de descida, reduzindo ao mínimo a probabilidade de tensões de toque e de passo perigosas. Deve ter capacidade térmica suficiente para suportar o aquecimento produzido pela passagem de corrente e, principalmente, deve resistir a corrosão pelos agentes agressivos encontrados nos diferentes tipos de solos.

7.29.11 PROTEÇÃO ATRAVÉS DO MODELO ELETROGEOMÉTRICO

7.29.11.1 A proteção através do modelo eletromagnético é a mais moderna ferramenta com que contam os projetistas de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas.

7.29.11.2 A obtenção da área protegida por uma haste vertical é feita por uma construção geométrica simples:

- traça-se inicialmente uma reta paralela ao plano do solo determinando-se a altura de segurança igual ao raio de ação " R_1 ";
- com a ponta seca de um compasso apoiada na extremidade da haste do para-raios e com abertura igual a " R_1 " traça-se um arco de circunferência que determina na reta anterior dois pontos " P_1 " e " P_2 ";
- com o centro nesses dois pontos e ainda com o mesmo raio " R_1 ", traçam-se dois arcos de circunferência desde a ponta da haste até o solo;
- a área entre estes dois últimos arcos e a terra é a área protegida pela haste;
- girando esta área em torno do mastro do para-raios tem-se um volume de proteção;
- a união de todos os para-raios com um cabo tem-se um volume de proteção que se assemelha a uma tenda;
- o raio de proteção " R_a " depende do grau de proteção requerido, variando desde 20 até 60 metros no caso de áreas de armazenagem em refinarias de petróleo ou áreas de empacotamento.

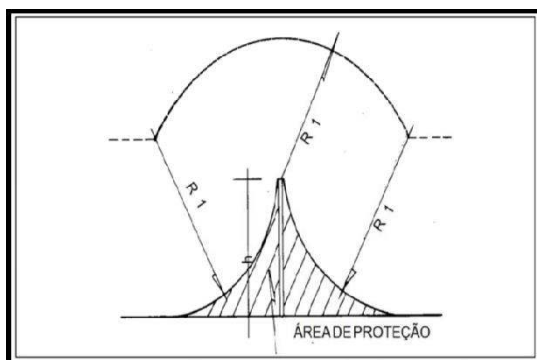


Fig 7-33 – Determinação do volume de proteção utilizando uma haste

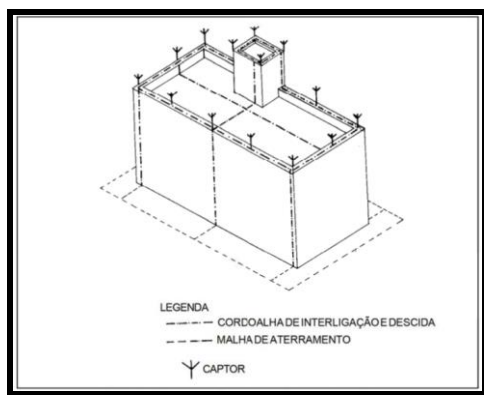


Fig 7-34 – Componentes de um sistema de proteção

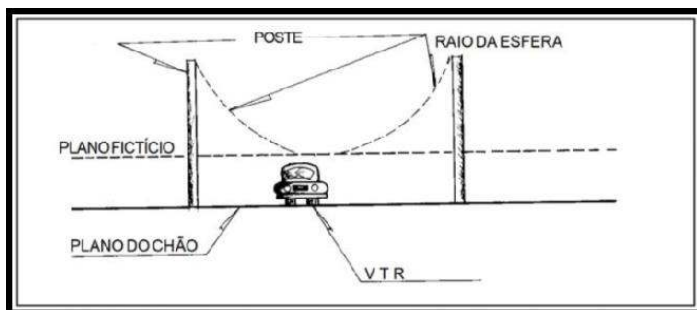


Fig 7-35 – Determinação do volume de proteção utilizando duas hastes

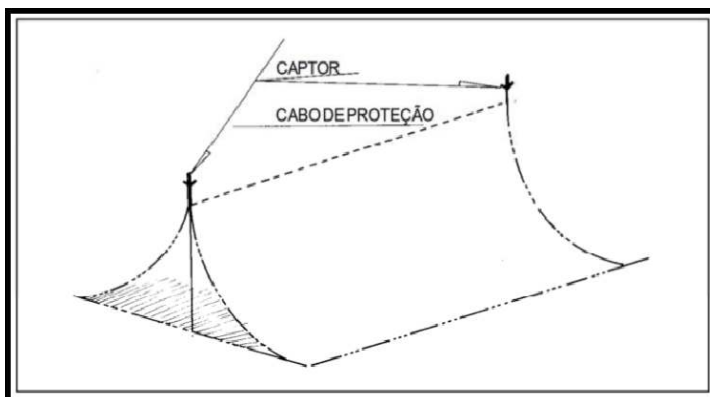


Fig 7-36 – Determinação do volume de proteção utilizando duas hastes e um cabo de proteção

7.30 MOTORES ELÉTRICOS

7.30.1 Os motores elétricos trifásicos requerem alguns cuidados para a sua utilização apresentados a seguir.

7.30.2 SENTIDO DE ROTAÇÃO DO MOTOR

7.30.2.1 Se invertermos duas fases quaisquer da ligação de um motor elétrico trifásico, o sentido de giro do motor muda.

7.30.3 FALTA DE UMA FASE

7.30.3.1 Se durante a tentativa de ligar o motor estiver faltando uma das três fases, o motor vai produzir um "zumbido" e não partirá. As correntes que passam pelos enrolamentos serão elevadas e se esta situação de falta de fase perdurar por algum tempo, o motor "queimará". Para a proteção do mesmo, deve-se utilizar o relé falta de fase, cuja função é interromper o circuito caso aconteça algum problema com as fases.

7.30.3.2 Na falta de duas fases o motor não parte e não queima.

7.30.3.3 Se durante o funcionamento faltar uma das fases, o motor continuará funcionando precariamente, produzirá um "zumbido" característico e percebe-se que a velocidade cai. Em pouco tempo, as correntes elevadas queimarão os enrolamentos do motor.

7.30.4 PARTIDA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

7.30.4.1 Até 5 cv (cavalo-vapor) de potência os motores elétricos trifásicos podem ser ligados diretamente através de chaves.

7.30.4.2 A partir de 5 cv até 15 cv esses motores necessitam de uma chave chamada estrela triângulo para amenizar as correntes de partida do motor que são muito altas.

7.30.4.3 Os inconvenientes de partir motores grandes diretamente seriam ter que dimensionar a bitola dos cabos a maior e as quedas de tensão que se observam em outros pontos da instalação (a luz pisca).

7.30.4.4 Acima de 15 cv utiliza-se chaves compensadoras.

7.30.4.5 Os enrolamentos dos motores elétricos trifásicos são ligados em dois tipos de configuração: estrela e triângulo. Na configuração em estrela a corrente que passa pelos enrolamentos é menor que na configuração triângulo.

7.30.4.6 Se um motor elétrico trifásico não possuir plaqueta de identificação, pode-se saber a sua potência medindo com um alicate amperímetro a sua corrente de funcionamento e aplicando a fórmula $= V_{ff} \times i \times \sqrt{3} \times \cos \phi \times h$.

CAPÍTULO VIII

ACANTONAMENTOS

8.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

8.1.1 O estacionamento da tropa muda com o tempo de permanência previsto e com a situação tática existente. Quando não há previsão de emprego imediato, procura-se dar à tropa as melhores condições possíveis de conforto e bem-estar utilizando-se, para esse fim, das instalações existentes e, na falta dessas ou para completá-las, das instalações semipermanentes.

8.1.2 Normalmente, no TO, os pavilhões dos acantonamentos militares são de estrutura simples, de um só pavimento, destinados ao alojamento do pessoal. São previstos, também, pavilhões para o comando, administração, rancho, alojamento de oficiais, almoxarifado, enfermaria, corpo da guarda com prisão, banheiros e outros.

8.1.3 Para cada unidade que recebe ordem de ocupar um acantonamento, distribuem-se determinados pavilhões que o Cmt da unidade redistribui às suas subunidades. É aconselhável designar para cada pavilhão, efetivo igual ou superior a um pelotão, mantendo a integridade tática das frações.

8.1.4 A ocupação das instalações existentes deve obedecer às prioridades impostas às necessidades do TO. Em princípio, nenhuma propriedade particular poderá ser ocupada sem a devida permissão do proprietário, exceto nos casos previstos na legislação.

8.1.5 As instalações de água, luz e esgoto existentes deverão ser aproveitadas ao máximo. A ampliação dessas instalações para atender às necessidades das tropas pode ser necessária.

8.2 TIPOS DE PAVILHÕES SEMIPERMANENTES

8.2.1 Pavilhões pré-fabricados são empregados nessas construções com materiais já moldados, cortados, perfurados, ajustados e, em alguns casos, já parcialmente montados. Os materiais preparados são dispostos em embalagens próprias para o embarque e o transporte. Os depósitos da Engenharia orgânica do Corpo de Exército devem possuir, em estoque, certa quantidade desses materiais para atender às necessidades mais urgentes.

8.2.2 Pavilhões improvisados são empregados quando não se dispuser dos materiais especificados nos “projetos-tipo”, deve-se providenciar a sua substituição, mediante a exploração dos recursos locais.

8.2.3 Pavilhões padronizados são construções com projeto-tipo especificado de modo a permitir sua execução em série. Têm por finalidade aumentar o grau de produtividade e facilitar a sua execução. Como os pavilhões necessários não terão todas as mesmas áreas, utiliza-se múltiplos de um módulo básico para obter-se a área total da construção desejada.

8.2.4 O módulo adotado como base é de 36 m² (6x6 m), o que possibilita a execução de pavilhões diversos, com área total de 6 m x N metros, sendo N, múltiplo de 3 m, uma vez que há possibilidade de se utilizar ½ módulo no sentido de comprimento. A Fig 8-1 mostra em esquema um pavilhão de 126 m², sendo 6 m X 21 m = 126 m² ou (6 m + 6 m + 6 m + 3 m) X 6 m = 126 m².

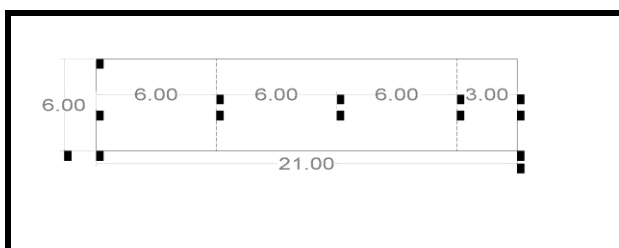


Fig 8-1 – Pavilhão

8.3 “PROJETO-TIPO” DE PAVILHÃO

8.3.1 MEMORIAL DESCRITIVO

8.3.1.1 Um pavilhão militar é uma construção simples. Apenas um pavimento com estrutura, paredes e piso de madeira, telhado em duas águas com beiral saliente e especificações de padrão simples.

8.3.1.2 A construção de um pavilhão de madeira do tipo indicado compreende uma série de trabalhos executados na seguinte ordem:

- a) locação e marcação das fundações;
- b) implantação e nivelamento das fundações;
- c) colocação e fixação da estrutura do piso (mestras e vigotas);
- d) levantamento, aprumação e escoramento dos pés direitos;
- e) montagem, aprumação e fixação das tesouras;
- f) colocação das linhas, terças e cumeeira;
- g) pregação das paredes externas;
- h) fixação dos caibros e ripas da cobertura;
- i) colocação das telhas;

- j) colocação do assoalho;
- k) paredes internas e aberturas; e
- l) arremates finais.

8.4 PLANTAS, CORTES E DETALHES

8.4.1 As plantas, cortes e detalhes, relativas aos “pavilhões-tipo”, constam das Fig 8-2, 8-3 e 8-4.

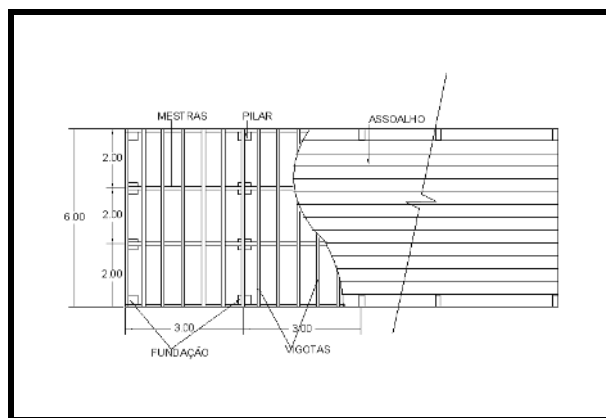


Fig 8-2 – Pavilhão de 6,00 x N metros – planta

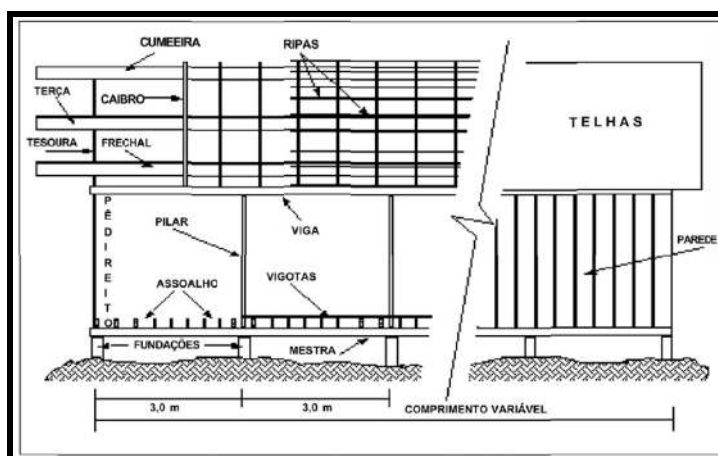


Fig 8-3 – Pavilhão de 6,00 x N metros – vista frontal

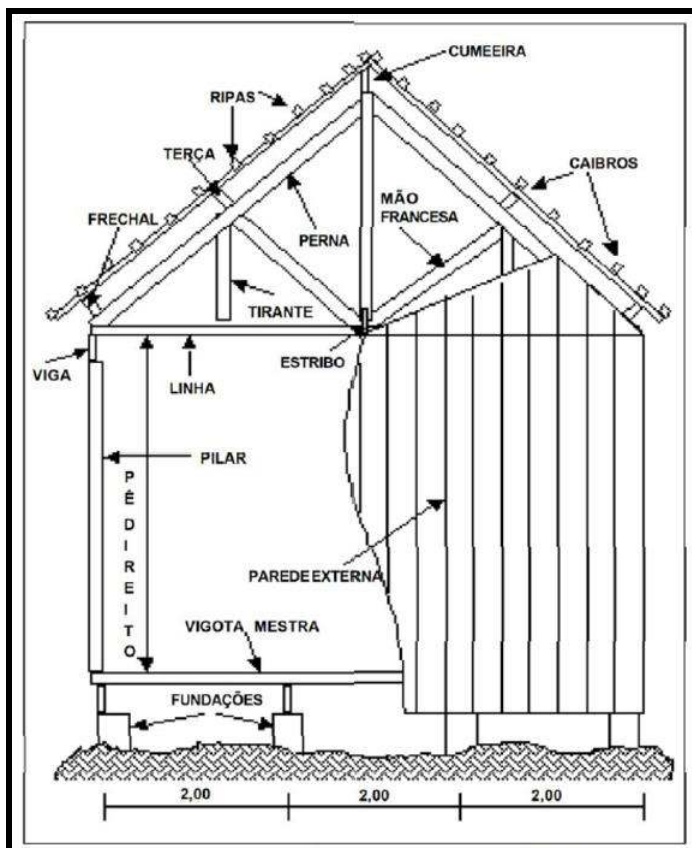


Fig 8-4 – Pavilhão de 6,00 x N metros – vista lateral

8.5 ESPECIFICAÇÕES

8.5.1 Considerações iniciais – antes de ser iniciada a obra, é necessário sondar cuidadosamente os dados levantados no planejamento diretriz: seleção do local, levantamento topográfico, disposição e estimativa. Um anteprojeto bem detalhado facilita a execução da obra dentro do cronograma previsto.

8.5.2 Serviços preliminares – o nivelamento e a limpeza do terreno devem ser restritos ao local das edificações, procurando preservar o mais possível a aparência natural do terreno. A locação dos eixos principais deve ser materializada no terreno para conferência em qualquer fase da obra.

8.5.3 Fundações – as cavas de fundação devem ser niveladas a uma profundidade mínima de 0,50 m, com o fundo bem apoiado. O terreno deve suportar, no mínimo, 1 kg/cm², para evitar fundações especiais.

8.5.4 Estrutura de madeira – devem ser utilizadas peças de madeira serrada nas dimensões recomendadas, podendo ser substituídas por outras do mesmo módulo de resistência (em peças retangulares $W = 1/6 b.h^2$). Geralmente as peças são pregadas, salvo quando suas dimensões requeiram o uso de parafusos, braçadeiras ou conectores. As ligações devem ser detalhadas nos desenhos do “projeto-tipo”, evitando-se cortes e juntas complexas.

8.5.5 Instalações – todas as instalações internas devem ser aparentes e limitadas ao mínimo necessário ao conforto e segurança dos usuários.

8.5.6 Paredes e aberturas – as paredes podem ser montadas no solo, em painéis, e erguidas para a posição depois de pregadas. Não são usados trincos ou fechaduras de metal nas portas e janelas.

8.5.7 Telhado – as tesouras são montadas no chão e içadas para o lugar, dependendo da mão de obra e equipamentos disponíveis. A cobertura pode ser, em princípio, com qualquer tipo de telha existente no local, inclusive de madeira ou fibrocimento. É importante que apresente boa vedação às chuvas.

8.5.8 Pavimentação – internamente, a escolha é de tábuas de madeira justapostas, sem nenhum acabamento.

8.5.9 Arremates finais – a preocupação com a aparência deve ser mínima. A prioridade fica por conta da economia de meios pessoal ou material e a funcionalidade da obra.

8.6 CÁLCULO DE MÓDULOS

8.6.1 O cálculo do número de módulos padronizados de 36 m² (6 m x 6 m), baseia-se na área necessária das edificações de diversos tipos que irão abrigar pessoal ou material nos acantonamentos da tropa.

8.6.2 Um acantonamento é, normalmente, composto das seguintes áreas:

- a) área de circulação de pessoal;
- b) área de circulação de viaturas;
- c) áreas de estacionamento de viaturas;
- d) área de instrução; e
- e) área edificada.

8.6.3 Para o cálculo da área edificada, é necessário conhecer o efetivo da tropa a abrigar e sua organização até a fração pelotão ou seção.

8.7 USO DE TABELAS

8.7.1 A tabela 8-1 apresenta uma base para o cálculo da área edificada, conforme o efetivo da tropa a ser abrigada.

8.7.2 O “Q” de coeficiente dado pela coluna “Base para o cálculo” tem: $Nr \text{ módulos} = (\text{efetivo considerado} \times Q) / \text{área do módulo padrão}$.

8.7.3 Quando houver edificações já construídas no local escolhido para acantonamento, em condições de utilização, haverá uma redução na área de construção necessária. Nesse caso, a área disponível atenderá ao seguinte efetivo:

- a) efetivo atendido: $\text{área disponível} / Q$; e
- b) esse efetivo já atendido por construções existentes, será abatido do efetivo total a ser abrigado para obter-se o número de módulos necessários a serem construídos.

8.7.4 Nos cálculos relativos ao número de módulos, deve-se fazer as aproximações para mais.

DISCRIMINAÇÃO	MÓDULOS	PAVIMENTAÇÃO	BASE PARA O CÁLCULO = 0	OBSERVAÇÃO
ALOJAMENTO Pr	-	madeira	4,0 m ² /h / 14 m ² /h	c/ cama e armário simples/duplc
ALOJAMENTO Of	-	madeira	5,0 m ² /h / 21 m ² /h	c/ cama e armário simples/duplc
BANHEIRO Pr	-	lavável	1 mod/100h	c/ 5 VS + 5 Lv + 10 Ch
BANHEIRO Of	-	lavável	½ mod/20 h	c/ 2 VS + 2 Lv + 2 Ch
Comd-Adm DE Bda	-	madeira	6 mod p/ Bda	Cmt + EM + S Reunião
Comd-Adm DE Btl	-	madeira	5 mod p/ Btl	Cmt + EM + S Reunião
Comd-Adm DE Cia	-	madeira	2 ½ mod p/ Cia	Cmt + ST + Sgte + S Instr
COPA-COZINHA Of (Sgt)	-	lavável	½ mod/50 h	não inclui refeitório
COPA-COZINHA Pr	-	lavável	mod / SU	não inclui refeitório
REFETÓRIO Of (Sgt)	-	madeira	1,5 m ² /h / 5 m ² /h	mesas para 6 h / 12 h c/ banco
REFETÓRIO Cb-Sd	-	madeira	1,0 m ² /h / 3 m ² /h	mesas para 42 h c/ banco
RECREAÇÃO Of (Sgt)	-	madeira	1 mod/Cia ou 3 mod/Btl	reversível com S Instr
RECREAÇÃO Cb-Sd	-	madeira	2 mod/Cia ou 6 mod/Btl	reversível com S Instr
FORMAÇÃO SANITÁRIA	-	lavável	2 mod/Btl	Me+Dent+Farmácia+S Curativos
ENFERMARIA Pr	-	lavável	6,0 m ² /h (p/10% do efetivo)	c/ cama e armário simples
DEPÓSITO DE GÊNEROS	-	lavável	0,0020 m ² /h/dia	c/ refrigeração
ALMOXARIFADO	-	madeira	0,0075 m ² /h/dia	c/ piso de uso
CORPO DA GUARDA	-	madeira	2 mod p/ Btl e 1 mod p/ Cia	exceto xadrez
XADREZ (CELAS)	-	madeira	6,0 m ² /h p/ 1% do efetivo Pr	6 celas c/ Vs por módulo
CANTINA E BARBEARIA	-	madeira	2 mod/Cia ou 6 mod/Btl	inclusive 2 Lv por pavilhão
BAIAS P/ ANIMAIS	-	terra	7,0 m ² /animal	baías fechadas de 9 m x 5 m

Tabela 8-1 – Instalações moduladas para tropa

8.8 INSTALAÇÕES TEMPORÁRIAS

8.8.1 As instalações temporárias, normalmente, são feitas na ZC, utilizando-se barracas, recursos locais e aproveitando-se das condições do terreno. São elas:

- a) paióis;
- b) centrais de tratamento de água;
- c) centrais telefônicas; e
- d) postos rádio.

8.8.2 Dependendo da duração do combate, serão classificadas como instalações semipermanentes.

8.9 PAIOL

8.9.1 O paiol é o local de uma fortificação que se destina ao armazenamento de explosivos e munições. Deve ser localizado em terreno firme, seco e não sujeito a inundações. De preferência, afastado de rodovias, ferroviárias, habitações e linhas de distribuição de energia elétrica.

8.9.2 A localização do paiol deve ser de acesso fácil, através de vias de transporte que, em princípio, serão de uso privativo.

8.9.3 As munições, segundo o risco que oferecem, são distribuídas em 12 (doze) classes. A cada classe corresponde uma tabela de distância de segurança, conforme o que regula o manual técnico T9-1903- Armazenamento, Conservação, Transporte e Destruição de munição, explosivos e artifícios.

8.9.4 Simplificando as tabelas do manual T9-1903, assegurando a proteção pessoal e material nas proximidades do paiol e diminuindo os danos causados por um possível acidente, podem ser observadas as distâncias na tabela 8-2:

Peso do Material Explosivo (kg)	Distância de Segurança em metros
0 a 170	192
170 a 1350	390
1350 a 13620	678
13620 a 36320	1017
36320 a 56750	1101
56750 a 113500	1293

Tabela 8-2 – Distâncias de segurança em metros

8.9.5 As dimensões do paiol serão determinadas em função do material a estocar. A área do depósito de munições deverá ser protegida por para-raios.

8.9.6 Para aumentar a segurança, é conveniente manter um reservatório de água próximo ao paiol, para um possível combate contra incêndio. Devem ser construídas cercas de arame farpado ou tela que, de acordo com as condições locais, dificultem o acesso de elementos estranhos, facilitando o controle.

8.10 CENTRAL DE TRATAMENTO DE ÁGUA

8.10.1 As fontes de água aproveitadas para fins militares são chamadas de pontos de água. Quando as tropas estão em combate, normalmente, não há tempo para que seja escolhida a melhor fonte de água. Assim, as unidades encarregadas do suprimento de água exploram as fontes que estiveram mais acessíveis. Em caso de permanência maior no ponto de suprimento de água, há necessidade de melhoria do local de instalações.

8.10.2 A central deve estar localizada em estradas transversais, evitando-se à EPS. A capacidade de suporte das estradas deve ser suficiente para resistir a mais pesada viatura sob todas as condições de tempo.

8.10.3 A central de tratamento de água sugerida, a partir da melhoria de um ponto de suprimento de água, é constituída das seguintes instalações:

- a) pré-tratamento;
- b) filtragem;
- c) armazenagem;
- d) depósito de produtos químicos;
- e) alojamento; e
- f) estacionamento.

8.10.3.1 Pré-tratamento – instalação destinada a colocação de tanques de água retirada da fonte para decantação de partículas grandes, como folhas e areia em suspensão. Deve ser localizada próximo ao local de coleta da água e com dimensões determinadas de acordo com o número de tanques de pré-tratamento (tabela 8-3).

Número de tanques de pré-tratamento	Dimensões da instalação em metros
01	4,00 x 4,00
02	4,00 x 8,00
03 a 04	8,00 x 8,00
05	8,00 x 9,00
06	9,00 x 9,00

Tabela 8-3 – Dimensionamento dos tanques de pré-tratamento

8.10.3.2 Filtragem – instalação destinada à purificação da água através de filtros. Localizada, preferencialmente, em terreno mais baixo do que o da instalação de pré-tratamento, a fim de utilizar-se da força da gravidade para a transferência da água do tanque de pré-tratamento para o tanque de filtragem. Contém tanques com águas pré-tratadas, filtros e bombas de água (para o processo de filtragem). A quantidade de tanques é igual ao número de filtros. Suas dimensões são determinadas pela quantidade de filtros utilizados no processo (tabela 8-4).

Número de filtros	Dimensões da instalação em metros
01	4,00 x 5,00
02	5,00 x 8,00
03	8,50 x 8,50
04	9,00 x 9,00
05	9,50 x 9,50

Tabela 8-4 – Dimensionamento dos filtros

8.10.3.3 Armazenagem – instalação destinada ao depósito da água tratada, em condições de ser consumida. Deve ser acessível, tanto aos veículos como para o pessoal. Suas dimensões são idênticas às de pré-tratamento, de acordo com o número de tanques.

8.10.3.4 Depósito de produtos químicos – há necessidade de armazenar os produtos químicos em outro local que não o da filtragem, para protegê-los principalmente da umidade. Suas dimensões são de 3,5 m x 3,00 m, podendo variar de acordo com o volume de produtos químicos. Deve estar localizado próximo à instalação de filtragem, a fim de facilitar o transporte dos produtos para utilização.

8.10.3.5 Alojamento – normalmente, a área de acampamento da tropa fica afastada da fonte de água e o volume de água exigido é muito grande, não permitindo a interrupção do processo. Assim, é necessário que o pessoal especializado no tratamento de água fique alojado próximo à central de tratamento. Suas dimensões são de 4,50 m x 4,00 m, ou o suficiente para alojar o efetivo necessário.

8.10.3.6 Estacionamento – área destinada às viaturas que venham se abastecer de água. Deve ter espaço para manobra e estacionamento para as que aguardam o abastecimento. Suas dimensões mínimas são 15,00 m x 15,00 m, podendo aumentar de acordo com as possibilidades do terreno.

8.11 CENTRAL TELEFÔNICA

8.11.1 A central telefônica é destinada à colocação de equipamentos de comunicações necessárias à operação de uma ou várias centrais telefônicas. Constituída de uma única instalação, é dividida em dois cômodos: área de operação dos equipamentos e alojamento. Suas dimensões dependem do número de equipamentos e do efetivo necessário à operação (tabela 8-5).

Número de equipamentos	Efetivo para operação dos equipamentos	Dimensões da área de operação dos equipamentos em metros	Alojamento
01	03	3,00 x 3,00	3,00 x 3,00
02 a 04	06 a 12	4,00 x 4,50	5,00 x 4,50
05	15	4,50 x 4,50	5,50 x 6,00

Tabela 8-5 – Dimensionamento da central telefônica

8.11.2 A localização da central telefônica deve satisfazer às seguintes condições:

- a) no perímetro do PC do escalão considerado;
- b) em local coberto e abrigado;
- c) local de fácil acesso para os circuitos de chegada;
- d) afastada de ruídos e interferências eletromagnéticas; e
- e) próxima ao centro de mensagens.

8.12 POSTO RÁDIO

8.12.1 O posto rádio é uma instalação destinada à operação de equipamentos rádio. Constituída de dois cômodos: área de operação dos equipamentos e alojamento. Suas dimensões dependem do número de equipamentos e do efetivo necessário à operação, tabela 8-6.

Número de equipamentos	Efetivo para operação dos equipamentos	Dimensões da área de operação dos equipamentos em metros	Alojamento
01	03	3,00 x 3,00	3,00 x 3,00
02 a 04	06 a 12	4,00 x 4,50	5,00 x 4,50
05	15	4,50 x 4,50	5,50 x 6,00

Tabela 8-6 – Dimensionamento do posto rádio

8.12.2 As antenas do posto rádio devem estar afastadas dos equipamentos rádio para aumentar a segurança.

CAPÍTULO IX

APROVEITAMENTO DOS RECURSOS LOCAIS E MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

9.1 DEFINIÇÃO

9.1.1 Aproveitar os recursos locais significa utilizar os materiais naturais de construção disponíveis. Esses materiais, na maioria das vezes, são encontrados na própria ZC. Em cada região, a escassez ou abundância destes materiais dependem quase que exclusivamente das características geológicas locais.

9.1.2 Os materiais naturais de construção mais comumente utilizados nas instalações são:

- a) argila;
- b) areia;
- c) saibro;
- d) cascalho e pedregulho;
- e) piçarra; e
- f) madeira.

9.1.2.1 Argila

9.1.2.1.1 Argila é o nome dado a um sedimento formado por partículas de dimensões muito pequenas, abaixo de 0,005 milímetros de diâmetro. De modo empírico, as argilas, quando secas, apresentam elevada resistência, não podendo ser esmagada pelos dedos. Quando úmida forma uma massa plástica podendo ser moldada (Fig 9-1).

9.1.2.1.2 De um modo geral, pode-se assim traduzir as diferentes cores de argilas:

- a) branca – ausência de compostos de ferro, manganês e titânio bem como de matéria orgânica;
- b) cinza e preto – presença de matéria orgânica, às vezes de óxidos de manganês ou de magnetita;
- c) vermelho, laranja e amarelo – presença de óxidos e hidróxidos de ferro;
- d) roxo – origem não muito bem esclarecida, parecendo estar ligada a óxidos de ferro e manganês; e
- e) verde – compostos de ferro na forma reduzida, presentes em minerais como clorita e glauconita. Em alguns casos, a cor pode ocorrer devido a minerais de cobre ou olivinas.

9.1.2.1.3 Argilas pretas ou cinzas caracterizam-se pela presença de matéria orgânica. Normalmente são encontradas nas várzeas dos rios e, em camadas pouco espessas, na superfície do terreno sobre o qual se desenvolvem as plantas. Não devem ser utilizadas como tijolos por não apresentarem propriedades satisfatórias.

9.1.2.1.4 É importante não confundir argila com silte. O silte é também um material fino como as argilas, mas não tem coesão apreciável nem uma boa plasticidade.

9.1.2.1.5 O silte se distingue da argila por dificultar a moldagem quando úmido e oferecer pouca resistência à pressão dos dedos quando seco.

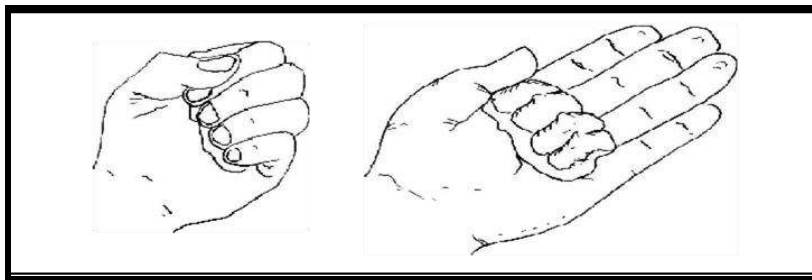


Fig 9-1 – Teste da argila úmida

9.1.2.1.6 A argila é utilizada na confecção de tijolos e enchimento de paredes em casas de pau a pique. Pode-se fabricar tijolos simples com argila, como, por exemplo, o tijolo "adobe", que é feito com uma forma de madeira nas dimensões do tijolo e preenchida com argila. Deixa-se secar ao sol, sem a necessidade de ir ao forno. O tijolo "adobe" apresenta uma resistência menor que a do tijolo seco ao forno, entretanto, possui características técnicas satisfatórias em instalações provisórias.

9.1.2.2 Areia

9.1.2.2.1 A areia é um material granular constituído por grãos com diâmetro variando de 0,05 mm a 4,8 mm, geralmente de cores claras, cujas partículas são visíveis a olho nu. É considerado um agregado fino e quando seca seus grãos ficam soltos.

9.1.2.2.2 As areias naturais são encontradas principalmente sob duas formas:

- a) em várzeas e leitos dos rios, comumente conhecidas como areias lavadas de rio (Fig 9-2); e
- b) em camadas na superfície de terreno, comumente conhecidas como áreas de barranco, sendo, neste caso, mais avermelhadas ou amareladas. Esta forma de ocorrência é mais comum em regiões de relevo suave.

9.1.2.2.3 Os volumes destas ocorrências são geralmente grandes. A retirada de pequenas quantidades de areia lavada de um rio pode ser feita com equipamentos de engenharia (Eqp Eng). Necessitando de grandes quantidades, pode-se utilizar dragas para uma produção maior.

9.1.2.2.4 A areia de barranco pode ser retirada com a utilização de Eqp Eng de acordo com o terreno.

9.1.2.2.5 A areia apresenta diversas utilizações, sendo de mais amplo emprego na confecção de argamassas e concretos. Muitas vezes é utilizada como material filtrante. No terreno, se confinada, se presta como excelente material de fundação.

9.1.2.2.6 As areias de praias e dunas não são utilizadas na construção civil devido à sua granulação irregular e à presença de sais. O sal prejudica a fabricação de concretos e argamassas, pois os sais podem aumentar o risco de corrosão, alterando o tempo de pega do cimento e a velocidade de endurecimento.

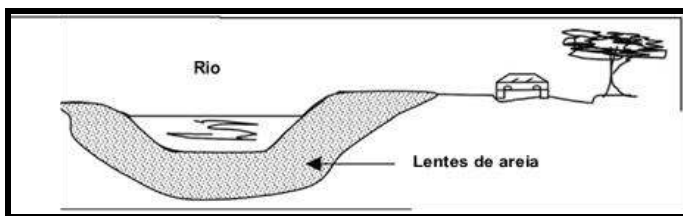


Fig 9-2 – Areias lavadas de rio

9.1.2.3 Saibro

9.1.2.3.1 Saibro é um termo regional referente a material granular composto geralmente por areia e silte provenientes da alteração de rochas. É um solo residual areno-argiloso, proveniente da alteração de rochas de granito e gnaisse.

9.1.2.3.2 O maior emprego do saibro é em argamassas para emboço de paredes.

9.1.2.4 Cascalho e Pedregulho

9.1.2.4.1 Cascalho e pedregulho são materiais granulares, com diâmetro acima de 4,8 mm, encontrados, principalmente, em cascalheiras nos leitos dos rios, terraços aluvionares e "linhas de seixo", próximas ou na superfície do terreno (Fig 9-3).

9.1.2.4.2 Os cascalhos e pedregulhos do leito dos rios formam jazidas comumente conhecidas como cascalheiras de rio. São materiais resistentes e com formas arredondadas (seixos rolados). O volume da cascalheira depende muito do tamanho do rio ao qual está associado, sendo, por isso, extremamente variável.

9.1.2.4.3 Os cascalhos e pedregulhos de terraços aluviais e de "linhas de seixo" formam jazidas normalmente conhecidas como cascalheiras ou pedregulhos de cava. Estes materiais contêm porcentagens variáveis de argila ou areia. As espessuras das "linhas de seixo" são geralmente pequenas. Para se obter um volume satisfatório há necessidade de se explorar grandes áreas do terreno, o que nem sempre é recomendável. Por este motivo, as "linhas de seixo" só devem ser exploradas em último caso. Após sua exploração, o terreno deve receber terra vegetal para que não se torne área improdutiva ou sujeita à erosão.

9.1.2.4.4 Os cascalhos e pedregulhos são utilizados nas instalações de concretos, como agregado graúdo (britas), como elemento filtrante de fossa séptica e como revestimentos de terrenos.

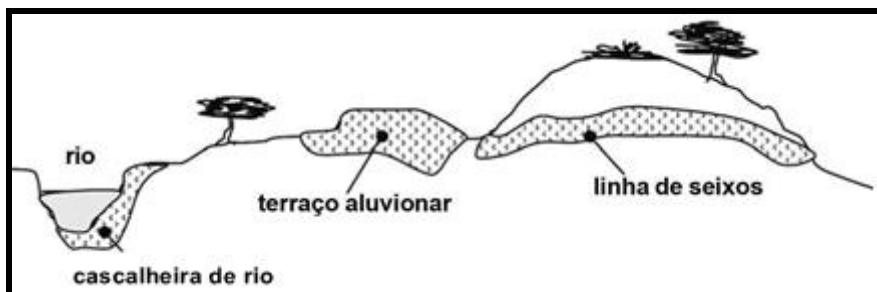


Fig 9-3 – Cascalhos, pedregulhos e seixos

9.1.2.5 Piçarra

9.1.2.5.1 Piçarra é um termo regional referente a solos com material granular formado geralmente por fragmentos de rocha alterada ou fraturada. A resistência das piçarras é muito variável, dependendo sobretudo do tipo de rocha, grau de alteração e intensidade do fraturamento.

9.1.2.5.2 O volume das jazidas depende da espessura da camada de rocha alterada e fraturada e de sua extensão. Em algumas regiões, as jazidas de rocha alterada, principalmente quartzitos, também são chamadas de "cascalheiras".

9.1.2.5.3 A piçarra é utilizada em grande quantidade como material de corpo de aterro ou em enchimento. Algumas jazidas de piçarra apresentam excelentes

propriedades para a composição das camadas de base de sub-base dos pavimentos. Esses solos também podem ser dominados de laterita.

9.1.2.6 Madeira

9.1.2.6.1 A madeira é o material que apresenta maior resistência à compressão em relação ao peso. Entretanto, é caracterizada por uma grande variabilidade das características de resistência mecânica, mesmo se tratando de uma mesma espécie. Essa variabilidade depende da espécie, das condições em que cresce, da parte da árvore em que foi extraída e da presença de defeitos na madeira.

9.1.2.6.2 Uma classificação prática divide as madeiras em dois grupos:

a) madeiras duras ou de lei – provenientes da espécie frondosa (folhas achatadas e largas), de ótima qualidade e utilizada, principalmente, em trabalhos definitivos. São cerca de 1500 espécies úteis, dentre as quais podemos destacar: peroba-do-campo, peroba-rosa, canela, imbuia, jacarandá, sucupira, maçaranduba, aroeira, cedro *etc.*; e

b) madeiras moles ou brancas – provenientes de árvores da espécie conífera (folhas parecidas com agulhas), empregadas, principalmente, como auxiliar na construção (andaimes, formas, escoramentos *etc.*). Existem cerca de 400 espécies, dentre as quais o pinho-do-paraná e o pinho-bravo são as únicas espécies originárias do Brasil.

9.1.2.6.3 O corte das árvores deve ser feito de preferência, durante o inverno, quando a vida vegetativa é menos intensa. Após a derrubada, a tora pode ser utilizada nas formas roliça, falquejada ou desdobrada.

9.1.2.6.4 A madeira roliça é a mais utilizada em construções provisórias, como escoramentos, andaimes, pontes semipermanentes, suportes de caixas de água, pilares de galpões provisórios *etc.* As mais utilizadas no Brasil são o pinho-do-paraná e o eucalipto.

9.2 AGLOMERANTES

9.2.1 CONCEITOS BÁSICOS

9.2.1.1 Aglomerante é o elemento ativo, pulverulento, que entra na composição das pastas, argamassas e concretos. Sua função principal é promover a ligação entre os grãos do material inerte, denominado agregado.

9.2.1.2 Pasta é uma mistura íntima de aglomerante e água que endurece por simples secagem ou, o que é mais comum, em virtude de reações químicas.

9.2.1.3 Argamassa é a mistura da pasta com agregado miúdo.

9.2.1.4 Concreto é a mistura da pasta com agregados miúdo e graúdo.

9.2.1.5 Agregado é um material granuloso e inerte, convenientemente graduado, que entra na composição de argamassas e concretos. A adição de agregado à pasta visa à economia do aglomerante, que é oneroso, e pode atenuar os efeitos nocivos da retração causada pelo endurecimento da pasta.

9.2.2 TIPOS DE AGLOMERANTES

9.2.2.1 Os aglomerantes são comumente classificados em ativos e inertes.

9.2.2.2 Os aglomerantes ativos podem ser:

- a) aéreos – endurecem pela ação do ar e, posteriormente, têm resistência reduzida na presença de água, por exemplo, o gesso; e
- b) hidráulicos – ocorre o fenômeno de hidratação que só endurecem em contato com a água, por exemplo, o cimento.

9.2.3 Os aglomerantes inertes são aqueles que endurecem por meio do processo de secagem, por exemplo, a argila.

9.2.4 Existem alguns tipos de aglomerantes empregados na construção civil, como a cal aérea, cal hidráulica, cal hidratada, cimento natural e o cimento Portland.

9.2.4.1 Cal Aérea

9.2.4.1.1 Cal aérea é um material obtido a partir do processo de fabricação da cal hidratada, que consiste na calcinação da matéria prima, ou seja, queima de rochas. Desta queima, o resultado é a cal virgem ou cal aérea.

9.2.4.1.2 Pedras calcárias – são rochas cujo constituinte principal é o carbonato de cálcio (CaCO_3).

9.2.4.1.3 Em determinadas pedras calcárias o carbonato de cálcio pode estar mais ou menos substituído pelo carbonato de magnésio (MgCO_3).

9.2.4.1.4 A cal aérea pode ser empregada nas seguintes situações:

- a) em argamassas simples ou mistas para alvenaria e revestimentos que estejam devidamente protegidos da água (umidade) ou que recebam adição de componentes argilosos (pozolanas) que tornam a cal aérea resistente à presença da água;
- b) em adição no concreto a fim de reduzir sua permeabilidade e aumentar sua trabalhabilidade;
- c) na indústria, para fabricação de tijolos refratários, tratamento de água, adubos, siderurgia (fundente) e indústria de vidro; e

d) na execução de serviços de forros, e outras utilizações na forma de gesso, no interior das construções.

9.2.4.2 Cal Hidráulica

9.2.4.2.1 A cal hidráulica é o produto resultante do cozimento de calcários mais ou menos argilosos, a uma temperatura inferior ao de início de fusão, e da subsequente pulverização por extinção, seguida ou não de moagem.

9.2.4.3 Cal Hidratada

9.2.4.3.1 A cal hidratada é fornecida pela indústria já hidratada (extinta) de forma mecânica e de emprego imediato. Pode ser acondicionada em sacos de papel em embalagens de 8 a 40 Kg. A cal de uso comercial normalmente é fornecida pelo fabricante na embalagem.

9.2.4.4 Cimento Natural

9.2.4.4.1 O cimento natural é o produto que resulta do cozimento seguido de moagem de calcários argilosos. Difere da cal hidráulica por não ter cal livre.

9.2.4.4.2 Resistência mecânica – pela falta de uniformidade na composição do calcário de origem, a resistência do cimento natural é bastante baixa e variável (cerca de 1/2 a 1/3 da do cimento Portland), o que restringe seu emprego em obras de pequena importância.

9.2.4.5 Cimento Portland

9.2.4.5.1 Cimento Portland Comum é o aglomerante obtido pela pulverização do clínquer (moagem em moinho de bolas) juntamente com gesso, ou outros materiais, que retardam o endurecimento do pó resultante do contato com a umidade do ar.

9.2.4.5.2 Clínquer é o resultado da calcinação (cozimento) até a fusão incipiente de outros componentes, como cinza volante e escória de alto forno, que alteram as características do cimento Portland comum, conferindo-lhe determinadas propriedades específicas, tais como, um endurecimento mais lento, maior impermeabilidade, menor calor de hidratação, resistência às águas agressivas, ou simplesmente por medidas econômicas, por exemplo, aproveitando um resíduo barato sem prejuízo de técnica usual, como é o caso de escória de alto forno.

9.2.4.5.3 Escória de alto forno é um subproduto da fabricação da gusa, resultante da combinação dos componentes argilosos presentes na ganga do minério de ferro (sílica e alumina) com a cal empregada como fundente, ou seja, os mesmos óxidos que se encontram no cimento Portland.

9.2.4.5.4 Designações – os cimentos Portland, de acordo com as revisões das especificações brasileiras realizadas pela ABNT NBR 16697:2018, possuem as seguintes designações: Cimento Portland Comum – CP I e CP I-S (ABNT NBR 5732), Cimento Portland Composto – CP II (ABNT NBR 11578), Cimento Portland de Alto Forno – CP III (ABNT NBR 5735), Cimento Portland Pozolânico – CP IV (ABNT NBR 5736), Cimento Portland de Alta Resistência Inicial – CP V ARI (ABNT NBR 5733), Cimento Portland Resistente a Sulfatos – RS (ABNT NBR 5737), Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação – BC (ABNT NBR 13116) e Cimento Portland Branco – CPB (ABNT NBR 12989).

9.3 ARMAZENAMENTO DO CIMENTO ENSACADO

9.3.1 O cimento, ao sair da fábrica acondicionado em sacos de várias folhas de papel impermeável, apresenta-se finamente pulverizado e praticamente seco, assim devendo ser conservado até o momento de sua utilização.

9.3.2 Armazenamento por curtos períodos de tempo – quando o intervalo de tempo decorrido entre a fabricação e a utilização não é demasiado grande, a proteção oferecida pelo invólucro original é, em geral, suficiente. Ideal utilizar em até 6 (seis) meses ou conforme orientação do fabricante.

9.3.3 Armazenamento por longos períodos de tempo – quando, ao contrário, é longo o período de armazenamento, precauções suplementares devem ser tomadas para que a integridade das características iniciais do aglomerante sejam preservadas.

9.4 CAUSAS DA DETERIORAÇÃO DO CIMENTO

9.4.1 A principal causa da deterioração do cimento é a umidade que, por ser absorvida, hidrata-o pouco a pouco, reduzindo-lhe sensivelmente a atividade.

9.4.2 O cimento hidratado é facilmente reconhecível quando ao esfregá-lo entre os dedos, sente-se que este não está finamente pulverizado, havendo a presença de torrões e pedras que caracterizam as fases mais adiantadas de hidratação. O cimento pouco afetado pela umidade pode ainda ser utilizado em pequenos serviços para os quais não sejam requeridos concretos de grande resistência, devendo ser, neste caso, peneirado em malha de pequena abertura, que permita a eliminação da parte mais atingida.

9.4.3 Em obras de maior responsabilidade é indispensável, entretanto, que os cimentos, apresentando o mais leve indício de hidratação, não sejam empregados senão após exame cuidadoso em laboratório, que melhor poderá avaliar a conveniência ou não de seu aproveitamento, indicando em caso afirmativo, as medidas acauteladoras a serem tomadas.

9.4.4 Para armazenar cimento é preciso, pois, em primeiro lugar, preservá-lo, tanto quanto possível, de ambientes úmidos.

9.4.5 Mesmo quando preservado de ambientes úmidos, o cimento ainda é passível de hidratar-se ao ser guardado por longo tempo em pilhas de altura excessiva. Isto porque ele nunca se apresenta completamente seco e a pressão elevada a que ficam sujeitos os sacos das camadas inferiores reduz os vazios, forçando um contato mais intenso entre as partículas do aglomerante e a umidade existente. Os teores de umidade, que normalmente não chegariam a prejudicar o cimento, tornam-se então responsáveis por sua deterioração. Outra precaução necessária consiste, portanto, em limitar a altura das pilhas de sacos.

9.4.6 Para evitar essas duas principais causas de deterioração do cimento, quando há necessidade de armazená-lo por longo tempo, é aconselhável a construção de um galpão coberto e bem arejado, onde o cimento deverá ser colocado sobre estrados de madeira com 30 cm de altura e afastados 30 cm das paredes, seguindo as recomendações da ABCEP (Associação Brasileira de Cimentos Portland).

9.4.7 Quanto ao aspecto da estocagem, segundo a NBR 12655:2015, os sacos devem ser empilhados em altura de no máximo 15 unidades, quando ficarem retidos por período inferior a 15 dias no canteiro de obras, ou em altura de no máximo 10 unidades, quando permanecerem por período mais longo.



Fig 9-4 – Armazenamento adequado do cimento

9.5 AGREGADOS

9.5.1 O agregado constitui o material granular, geralmente inerte, com dimensões e propriedades adequadas para a preparação de argamassa ou concreto. Desempenhando uma função econômica de máxima importância, pois, geralmente, é o elemento de custo mais baixo por unidade de volume no concreto, o agregado atua de forma decisiva no incremento de certas

propriedades, tais como, na redução da retração (bastante grande na pasta de cimento) e no aumento de resistência ao desgaste.

9.5.2 CLASSIFICAÇÃO DOS AGREGADOS

9.5.2.1 Quanto à origem, os agregados podem ser classificados em agregados naturais e artificiais.

9.5.2.1.1 Agregados naturais – material pétreo granular que pode ser utilizado como tal e qual encontrado na natureza, podendo ser submetido à lavagem, classificação ou britagem.

9.5.2.1.2 Agregados artificiais – material granular resultante do processo industrial envolvendo alteração mineralógica, química ou físico-química da matéria-prima original, para uso como agregado em concreto ou argamassa.

9.5.3 Quanto às dimensões, os agregados são classificados em miúdos e graúdos. Recebem, entretanto, denominações especiais que caracterizam certos grupos, como: *filler*, areia, pedrisco, seixo rolado e brita.

9.5.3.1 Agregados miúdos – agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1. (Exemplo: areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas).

9.5.3.2 Agregados graúdos – agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1. (Exemplo: pedregulho ou brita proveniente de rochas estáveis).

9.5.3.3 *Filler* ou material de enchimento constitui um material mineral inerte em relação aos demais componentes da mistura asfáltica, finamente dividido, passando pelo menos 65% na peneira de 0,075 mm de abertura de malha quadrada.

9.5.3.4 Areia é o material encontrado em estado natural, passando na peneira ABNT nº 4 (4,8 mm).

9.5.3.5 Pedrisco, também chamado de areia artificial, é o material obtido por fragmentação de rocha, passando na peneira ABNT de abertura de 9,5 mm (brita zero).

9.5.3.6 Seixo rolado é o material encontrado fragmentado na natureza, quer no fundo do leito dos rios quer em jazidas, retido na peneira ABNT nº 4 (4,8 mm).

9.5.3.7 Brita é o material obtido por trituração de rocha e retido na peneira ABNT nº 4 (4,8 mm).

9.5.3.7.1 Por razões comerciais, as britas são classificadas em:

- a) brita zero (4,8 a 9,5 mm);
- b) brita 1 (9,5 a 11,0 mm);
- c) brita 2 (11,0 a 25,0 mm);
- d) brita 3 (25,0 a 38,0 mm);
- e) brita 4 (38,0 a 76,0 mm); e
- f) pedra de mão (> 76,0 mm).

9.5.4 A finalidade dos agregados nas argamassas e nos concretos é:

- a) aumentar o volume da pasta, obtendo-se grande quantidade de material plástico estrutural a baixo custo;
- b) aumentar a resistência mecânica do material resultante da mistura da pasta com agregados de resistência superior; e
- c) permitir uma maior resistência ao desgaste por abrasão.

9.6 OBTENÇÃO DOS AGREGADOS NATURAIS

9.6.1 Os agregados naturais são aqueles encontrados na natureza prontos para serem utilizados. Alguns necessitam apenas de um rápido processamento de lavagem e classificação, o que não os exclui dessa categoria.

9.6.2 Dessa forma, cabe ao tecnologista encontrar agregados na região onde vai se instalar a obra, para o qual uma pesquisa das jazidas disponíveis é fundamental.

9.6.3 A areia e o pedregulho são provenientes da erosão, transporte e deposição de detritos da desagregação de rochas realizadas pelos agentes do intemperismo, tanto de origem física (variação de temperatura) como química (soluções ácidas ou básicas sobre os elementos mineralógicos).

9.6.4 Com relação à origem geológica, as jazidas classificam-se, conforme seus depósitos, em:

- a) residuais, que são os depósitos encontrados nas proximidades da rocha matriz. Possuem, em geral, boa granulometria, porém grande quantidade de impurezas;
- b) eólicos, que são depósitos de material muito fino, com má granulometria, porém com grande pureza e são formados pela ação dos ventos (dunas); e
- c) em aluviais, que são formados pela ação transportadora das águas, podendo ser estes fluviais ou marítimos. Os marítimos, em geral, apresentam má granulometria, enquanto os fluviais são, normalmente, os melhores agregados encontrados na natureza.

9.6.5 Quanto ao tipo de jazida, temos que considerar a divisão:

- a) bancos quando a jazida se forma acima do leito do terreno;
- b) minas quando formada em subterrâneo;
- c) jazidas de rio quando formadas no leito e nas margens; e
- d) jazidas de mar quando formadas nas praias e fundo do mar.

9.6.6 Para facilitar a localização de uma jazida de rio (areia ou pedregulho) podemos adotar a seguinte regra prática:

- a) quando na sondagem se constatar material fino no rio, sabe-se que, à jusante, não deve haver areia ou pedregulho;
- b) areia ou pedregulho no leito atual do rio indicam que há material análogo no vale, caso este se estenda em planície;
- c) areia e pedregulho podem ser encontrados no ponto em que o rio se alarga reduzindo sua velocidade; e
- d) quando um rio, que tem capacidade para transportar areia e pedregulho, desemboca em outro, de menor velocidade, verifica-se depósito desses materiais.

9.7 OBTENÇÃO DOS AGREGADOS ARTIFICIAIS

9.7.1 Agregados artificiais são os obtidos através da redução do tamanho de pedras grandes, geralmente por trituração, em equipamentos mecânicos (britadores).

9.7.2 O processamento necessário para transformar o material de uma determinada jazida em agregado de qualidade satisfatória, para uso em concreto, pode ser simples ou complexo, a depender de uma série de fatores. A escolha do equipamento e do *layout* das instalações de britamento e peneiramento é elemento de máxima importância para a obtenção do agregado conveniente a custos mais reduzidos.

9.7.3 Numa instalação para exploração de pedreiras, é de extrema importância a escolha criteriosa dos britadores.

9.7.4 Assim, a seleção dos tipos de britadores deve ser efetuada por um elemento de grande experiência, que possa analisar, *a priori*, o comportamento daquele material nos diversos processos de britagem. Contudo, mesmo contando com a experiência adquirida, o tecnologista deve proceder aos ensaios prévios com o material, fazendo-o passar por britadores diversos e verificando quais aqueles que produzem o melhor agregado final.

9.7.5 Um fator de grande importância a ser considerado nesta fase é o que diz respeito à granulometria. Certos materiais têm a tendência de produzir granulometrias uniformes, quando se utilizam britadores inadequados. É possível que, pela utilização de britador inadequado, fique-se com o material

necessário dentro de uma faixa granulométrica determinada, o que poderá prejudicar enormemente o concreto.

9.7.6 As rochas mais utilizadas no Brasil para produção de agregados artificiais (brita) são o gnaiss, o basalto, o granito e o calcário.

9.7.7 Ao adquirir o material no mercado, deve-se proceder aos ensaios necessários para avaliar a sua resistência mecânica, o teor de impurezas, forma dos grãos e, principalmente, a sua granulometria.

9.8 ARGAMASSAS

9.8.1 Dá-se o nome de pasta à mistura de um aglomerante mais água.

9.8.2 Quando se coloca água em excesso na pasta, forma-se um produto denominado nata.

9.8.3 Misturando o agregado miúdo à pasta, obtém-se uma argamassa.

9.8.4 As argamassas são imprescindíveis para a elevação de alvenarias, revestimentos de pisos, paredes e tetos, colocação de azulejos, de tacos e de ladrilhos e outros trabalhos que integram a construção.

9.8.5 Endurecimento das argamassas se dá por processos químicos que variam de acordo com o tipo de aglomerante usado.

9.8.6 COMPONENTES

9.8.6.1 As argamassas são compostas por materiais aglutinantes ou ativos e por materiais inertes.

9.8.6.2 Os materiais aglutinantes ou ativos são cimento, cal hidráulica e cal aérea (pouco utilizada atualmente). Ao mencionar cal estaremos nos referindo à cal hidráulica totalmente extinta (cal hidratada).

9.8.6.3 Os materiais inertes são areia e saibro.

9.8.6.3.1 A areia atenua os efeitos expansivos que aparecem com a carbonatação da cal e aumenta a porosidade do conjunto, facilitando a penetração de monóxido de carbono (CO) e a solidificação do material, no caso de argamassa de cal; reduz o custo do produto no caso de argamassas em geral; deve ser limpa e atender à granulometria recomendada.

9.8.6.3.2 O saibro é um material argiloso que tem a finalidade de diminuir a quantidade de aglomerante na mistura.

9.8.7 A água deve ser isenta de elementos prejudiciais às reações entre ela e o aglutinante. A água potável é considerada de boa qualidade para o preparo das argamassas.

9.8.8 PREPARO DAS ARGAMASSAS

9.8.8.1 A boa qualidade e resistência da argamassa depende não apenas dos constituintes, mas também de como é preparada.

9.8.8.2 Semelhante ao concreto, a argamassa é preparada manual ou mecanicamente.

9.8.8.3 No preparo mecânico utiliza-se betoneira, que proporciona mistura de melhor qualidade em menor tempo. Na construção de pequenas residências, raramente pode-se dispor desse equipamento.

9.8.8.4 Para o preparo manual, normalmente em pequenas construções, procede-se assim:

- a) com uma padiola, uma lata ou um balde, medem-se as quantidades de cimento, areia, saibro ou cal, nas proporções e indicadas no traço e coloca-se tudo sobre a plataforma e mistura-se a seco até obter uma coloração uniforme;
- b) faz-se um buraco no centro dessa massa, bem misturada e adiciona-se água, pouco a pouco, mexendo sempre, até que seja alcançada a consistência desejada, sem excesso de água. Nas plataformas impermeáveis deve-se tomar o cuidado para não permitir o escoamento da água de amassamento; e
- c) a argamassa preparada com cimento deve ser empregada imediatamente, pois o cimento tem sua “pega” iniciada, aproximadamente, dentro de uma hora.

9.9 CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND

9.9.1 O concreto de cimento Portland é uma massa plástica capaz de assumir a forma do recipiente em que foi colocada e que após algumas horas endurece, adquirindo grande resistência mecânica, sendo própria para uso em estruturas de construção.

9.9.2 O concreto endurecido apresenta grande resistência à compressão e pouca resistência à tração, sendo necessário utilizar armadura (aço) para combater os esforços de tração, onde surgiu o concreto armado.

9.9.3 Graças à capacidade do concreto de moldar-se na forma em que estiver sendo lançado, a sua grande resistência à compressão e a utilização de armadura para suprir sua baixa resistência à tração, o concreto armado tornou-se o material de construção mais usado em obras no mundo inteiro.

9.9.4 Sua maleabilidade permite que se dê às estruturas de concreto qualquer forma necessária, sendo suas aplicações seguramente ilimitadas.

9.9.5 FATORES QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DO CONCRETO

9.9.5.1 Diversos são os fatores que afetam a qualidade dos concretos, permitindo a obtenção de uma massa com mais qualidade.

9.9.5.2 A qualidade dos componentes depende da seleção cuidadosa de itens como: tipo e qualidade, dimensões e uniformidade.

9.9.5.3 A proporção correta da quantidade de pasta, se insuficiente, não preencherá completamente os vazios dos agregados, prejudicando o conjunto.

9.9.5.4 Quanto à quantidade de água, se utilizada em excesso, além da necessidade de hidratação do cimento, ocorre a evaporação e o aparecimento de vazios, afetando as propriedades físicas e mecânicas do concreto.

9.9.5.5 Em relação à manipulação adequada, deve-se observar:

- a) homogeneidade da mistura pasta/ agregado;
- b) transporte e lançamento nas formas; e
- c) cura cuidadosa do concreto.

9.9.6 TRANSPORTE DO CONCRETO FRESCO

9.9.6.1 O tempo disponível para transporte do concreto fresco está intimamente relacionado com o tempo de "pega" do cimento utilizado na execução do concreto. O início da "pega" se dá geralmente após uma hora do contato da água com o cimento e o final após duas horas. Somente em casos especiais esses tempos são antecipados ou retardados (adição de aditivos). Assim, durante a realização da concretagem, todas as operações, desde o início da mistura até o final do adensamento, devem realizar-se num tempo idealmente menor que o de início da "pega". O tempo disponível para transporte será de 30 minutos (em condições normais), menos os tempos de mistura e adensamento.

9.9.6.2 No transporte do concreto são utilizados os sistemas abaixo:

- a) sistemas de transporte horizontal – carrinho de mão, *dumpers*, caminhões betoneiras ou basculantes, vagonetes sobre trilhos, balde em cabo horizontal e de fundo falso *etc.*;
- b) sistemas de transporte inclinado – calhas, esteiras transportadoras *etc.*; e
- c) sistemas de transporte vertical – elevadores, guias, tubos de tremonha, guinchos, guindastes, plataforma de degraus, bomba, ar comprimido e outros.

9.9.6.3 O transporte de concreto em tubos de pressão (bombas e ar comprimido) apresenta a desvantagem de ser mais caro que os demais, por

exigir maior fluidez do concreto, funcionando o cimento como lubrificante. Só deve ser usado em grandes obras.

9.9.6.4 O lançamento consiste na operação de colocação do concreto na forma. O lançamento é feito, geralmente, por gravidade e a altura de queda deve ser a menor possível a fim de evitar a separação dos componentes. No lançamento de certa altura, a armadura deverá ser protegida em sua parte mais alta, pois, suas malhas poderão atuar como peneira, retendo os agregados maiores, causando a segregação. Além disso, ao ficarem recobertas com argamassa, perderão aderência com o concreto. Usar nestes casos chapas ou funis de madeira ou metálicos para que o concreto deslize sem contato com a armadura.

9.9.6.5 O adensamento é a operação de compactação do concreto dentro das formas. O adensamento deve proporcionar o envolvimento do aço pelo concreto, fazendo-o tomar todo o espaço das formas, sem perda de homogeneidade. A compactação se dá pela eliminação dos vazios que se formam no interior da massa, junto às formas e junto às armaduras. A energia necessária ao adensamento cresce com a diminuição da fluidez (plasticidade) do concreto. Concretos secos consomem mais energia. Existem dois tipos de adensamento: o manual e o mecânico.

9.9.6.5.1 O processo de adensamento deve ser escolhido levando-se em conta as condições da obra e os recursos disponíveis.

9.9.6.6 Os sistemas mecânicos mais usados atualmente são os vibradores internos e externos, que permitem o uso de concretos mais secos pela grande energia de compactação que produzem. Os vibradores internos são os conhecidos como "agulha" e são próprios para a concretagem de vigas e pilares. Os vibradores externos são os vibradores de forma, os vibradores de placa, réguas vibratórias e outros. A eficiência dos vibradores baseia-se na redução do coeficiente de atrito entre os componentes da massa durante a movimentação acelerada que os mesmos experimentam por ocasião da vibração.

9.9.7 CURA DO CONCRETO

9.9.7.1 Compreende os procedimentos adotados com vistas a prolongar as reações de hidratação e endurecimento do cimento e evitar a retração (diminuição do volume pela evaporação de água), evitando-se assim que cesse a formação de cristais de endurecimento do cimento e por diminuição do volume do concreto que está adendo às formas, submetê-lo a tensões internas que não é capaz de resistir nas primeiras horas, provocando as fissuras.

9.9.7.2 A cura em obras correntes é feita pela molhagem do concreto, a qual começa tão logo a água não deixe marcas em sua superfície, devendo prolongar-se por pelo menos sete dias após a concretagem.

9.9.7.3 A manutenção de uma cura contínua no concreto mantém sua resistência crescendo continuamente.

9.10 MADEIRAS

9.10.1 GENERALIDADES

9.10.1.1 No Brasil, a madeira é muito utilizada em virtude das vantagens que apresenta, tais como: abundância na natureza, elevada resistência mecânica para uma baixa massa específica (densidade), boa elasticidade, baixa condutibilidade térmica e baixo custo.

9.10.1.2 Pode-se afirmar que a madeira é o material que apresenta maior resistência à compressão em relação a seu peso.

9.10.1.3 A par dessas vantagens, a madeira apresenta as seguintes desvantagens:

- a) higroscopicidade (porosidade) – que causa a variação de volume pela absorção de água da umidade ambiente, quando variam umidade e temperatura, variações estas diferentes em duas direções;
- b) heterogeneidade (falta de homogeneidade) da estrutura – manifesta-se por não serem iguais às resistências mecânicas em um sentido e na direção perpendicular, resultando, daí, certas dificuldades na construção;
- c) combustibilidade – é possível tomar certas medidas de proteção, a fim de evitar ou retardar incêndios; e
- d) vulnerabilidade à ação de micro-organismos inferiores (apodrecimento) – sua ação causa a destruição progressiva da madeira. Há certas condições que propiciam o apodrecimento da madeira, como umidade elevada e exposição ao ar (oxigênio).

9.10.1.4 A madeira é, então, caracterizada por uma grande variabilidade das características de resistência mecânica, mesmo se tratando de uma mesma espécie. Essa variabilidade depende da espécie, das condições em que cresce a árvore, do clima, do solo, da presença de defeitos na madeira *etc.*

9.10.1.5 Deve-se conhecer bem as qualidades e os defeitos da madeira, de forma a atenuar seus defeitos e obter o máximo de suas qualidades.

9.10.1.6 A madeira é considerada material de construção se não tiver sua estrutura anatômica destruída. Assim, da madeira utilizada na sua forma

original (postes, estacas *etc.*) até os compensados, considera-se como material de construção.

9.10.2 CLASSIFICAÇÃO DAS MADEIRAS

9.10.2.1 Classificamos as madeiras em dois grupos:

- a) madeiras duras ou de lei; e
- b) madeiras moles ou brancas.

9.10.2.1.1 Madeiras duras ou de lei são madeiras provenientes da espécie Frondosa (folhas achatadas e largas), de ótima qualidade e utilizada principalmente em trabalhos definitivos. São cerca de 1500 espécies úteis, dentre as quais podemos destacar: peroba-do-campo, peroba-rosa, canela, imbuia, jacarandá, sucupira, maçaranduba, aroeira, eucalipto e cedro.

9.10.2.1.2 Madeiras moles ou brancas são madeiras provenientes de árvores da espécie Conífera (folhas tipo agulhas), empregadas, principalmente, como auxiliar na construção (andaimes, formas *etc.*). Existem cerca de 400 espécies, dentre as quais o pinho-do-paraná e o pinho-bravo são as únicas espécies originárias do Brasil.

9.10.3 CORTE E DESDOBRAMENTO

9.10.3.1 O corte das árvores deve ser feito de preferência durante a estação seca, quando a vida vegetativa é menos intensa.

9.10.3.2 Após a derrubada, a tora poderá ser utilizada nas formas: roliça, falquejada e desdobrada.

9.10.3.3 A madeira bruta ou roliça é a mais utilizada em construções provisórias, como escoramentos, andaimes, pontes semipermanentes, suporte de caixas de água, pilares de galpões provisórios e outros. As madeiras roliças mais utilizadas no Brasil são o pinheiro e o eucalipto.

9.10.3.4 As peças roliças são obtidas pela derrubada das árvores na época de menor teor de umidade, após a remoção da casca e secagem do tronco em lugar arejado e protegido do sol. As madeiras roliças, que não passam por um período mais ou menos longo de secagem, ficam sujeitas a retrações transversais que provocam rachaduras nas extremidades. Os contraventamentos construídos com madeira verde aparafusada tornam-se inoperantes pela fissuração das extremidades da madeira. As madeiras roliças devem ser utilizadas nas condições de meio seca ou seca ao ar.

9.10.3.5 Madeira falquejada – é obtida diretamente do tronco pela retirada da casca através de um machado, sendo a madeira assim preparada remetida para o desdobramento em serrarias.

9.10.3.6 Madeira serrada – é o produto estrutural de madeira mais comum entre nós. O tronco é cortado nas serrarias, em dimensões padronizadas para o comércio, passando depois por um período de secagem.

9.10.4 CORTE

9.10.4.1 As árvores devem ser abatidas, de preferência ao atingir a maturidade, ocasião em que o cerne ocupa a maior percentagem do tronco, resultando então em uma madeira de melhor qualidade. O período de tempo necessário para que a árvore atinja maturidade varia entre cinquenta e cem anos, conforme a espécie.

9.10.4.2 A melhor época para o abate é a estação seca, quando o tronco tem pouca umidade. O desdobramento do tronco em peças deve ser feito o mais cedo possível após o corte da árvore, a fim de evitar defeitos decorrentes da secagem da madeira. Se a árvore for cortada na estação chuvosa, deixam-se secar as toras durante algum tempo, para reduzir o excesso de umidade.

9.10.5 PROCESSOS DE PRESERVAÇÃO DA MADEIRA

9.10.5.1 Se não puder controlar a temperatura e umidade, não há garantia da durabilidade da madeira. Por isso deve-se garantir a durabilidade da madeira por meio de tóxicos que destroem os cogumelos porventura existentes e impedem a sua contaminação posterior.

9.10.5.2 Processos de preservação – dependendo do tipo de solvente utilizado na diluição da solução preservativa, teremos dois tipos de preservativos. Os que utilizam óleo como solvente, são chamados de preservativos óleos solúveis, e aqueles que utilizam água, denominado de preservativo hidrossolúvel.

9.10.5.2.1 São denominados óleos solúveis o creosoto, pentaclorofenol, TBTO (óxido de estanho tributílico), naftenato de cobre, quinolinolato de cobre-8, compostos de mercúrio, naftenato de zinco e hidrocarbonetos clorados (clordano, dieldrin, lindane *etc.*).

9.10.5.2.2 Os preservativos hidrossolúveis compreendem geralmente compostos químicos com mais de uma molécula na sua formação, objetivando com isso a precipitação de um composto insolúvel na madeira a partir da reação dos componentes originais e a presença de mais de uma substância na madeira aumenta a sua eficiência contra um número maior de organismos xilófagos.

9.10.5.3 A impregnação com uso de creosoto é uma das mais eficientes formas de se preservar a madeira. Entretanto, deixa a madeira escurecida e oleosa, impedindo a aplicação de acabamento (tinta, verniz *etc.*). É obtido através da destilação de alcatrão de hulha; substância oleosa de cor escura; contém uma

mistura de mais de 200 substâncias diferentes; basicamente hidrocarbonetos (90%), ácidos e bases de alcatrão (3 a 5%); solúvel em óleo queimado ou óleo de petróleo; repelente a água; não provoca corrosão em metais, ao contrário, atua como protetor contra corrosão; não aceita pintura e possui um forte cheiro característico.

9.10.5.4 Carbonização – este processo é empregado principalmente nas peças que devem ficar enterradas, como postes, prumos de telheiros, estacas *etc.* Consiste em carbonizar (queimar) superficialmente a parte da peça que vai ser enterrada. Destroem-se assim, os organismos e forma-se uma camada contínua de proteção.

9.11 AÇO DE CONSTRUÇÃO

9.11.1 GENERALIDADES

9.11.1.1 Definição – o aço é uma liga metálica composta principalmente de ferro e carbono. Com apenas 2% de carbono em sua composição, o aço oferece boa resistência mecânica a baixo custo. Além do carbono, é possível adicionar ao aço outras ligas metálicas para conferir a ele novas características. Por exemplo, ao adicionar níquel e cromo criamos o aço inoxidável que usamos na cozinha.

9.11.1.2 Produção – o aço é produzido a partir do ferro gusa, que é o minério de ferro processado em alto forno com altos teores de carbono e impurezas. O ferro gusa passa por um processo controlado de descarbonização. Este processo tem o objetivo de reduzir o teor de carbono na estrutura e situá-la entre 0,01% a 2%. Após a descarbonatação, o aço é levado para laminação onde é deformado mecanicamente com aquecimento a altas temperaturas e transformado em chapas, bobinas, vergalhões, arames e barras, entre outros formatos. Com teores bem baixos de carbono, por volta de 0,3%, o aço tem como principal característica a ductilidade (maleabilidade). Ou seja, ele suporta grandes deformações e impactos sem se romper. Com aumento do teor de carbono a tenacidade (resistência) aumenta, mas a maleabilidade diminui. Ou seja, quanto mais carbono maior a tenacidade e menor a ductilidade.

9.11.2 PRODUTOS DO AÇO PARA A CONSTRUÇÃO

9.11.2.1 Os principais produtos de aço usados na construção são os perfis laminados, os perfis soldados, os perfis de chapa dobrada e as barras de aço para concreto armado.

9.11.2.1.1 Os perfis laminados a quente são produzidos através da laminação de blocos de aço, em sistema de laminação contínua. As limitações de fabricação são devidas aos próprios equipamentos que impõem uma bitola de

altura máxima e mínima, variável de acordo com o equipamento. Os perfis laminados podem ser fabricados em diversas formas ou seções, como chapas, I, H, U e cantoneiras.

9.11.2.1.2 Os perfis soldados são produtos fabricados por meio de chapas de aço, moldadas com formatos diferentes, e ligadas por meio de soldas.

9.11.2.1.3 Os perfis de chapa dobrada são formados pela dobragem a frio de chapas originárias do processo de laminação.

9.11.2.1.4 As barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado, os produtos de aço são classificados como vergalhões ou barras de aço quando possuem diâmetro nominal igual ou superior a 6,3 mm e foram obtidos por laminação a quente. Segundo a NBR 7480 os fios são os produtos de aço que possuem diâmetro nominal igual ou inferior a 10 mm e são obtidos por laminação a frio. A NBR 7480 também classifica os tipos de aço conforme a sua tensão de ruptura em três grupos:

- a) CA-25 – as barras de aço CA-25 suportam uma tensão de 25 kgf/mm² e possuem superfície lisa. Os diâmetros nominais variam de 6,3 a 40 mm;
- b) CA-50 – as barras de aço CA-50 suportam tensões de ruptura de até 50 kgf/mm² e obrigatoriamente possuem nervuras transversais nas barras. A superfície rugosa ajuda a melhorar a aderência do aço ao concreto e os diâmetros nominais variam de 6,3 a 40 mm. O aço CA-50 é o mais utilizado na fabricação das fundações e estruturas de concreto armado. Ele é o principal elemento das armações de aço nas sapatas, lajes, vigas e pilares; e
- c) CA-60 – apesar de serem chamados de barras de aço CA-60, os fios de aço CA-60 suportam uma tensão de ruptura de até 60 kgf/mm². Os fios com diâmetro nominal abaixo de 10 mm podem ter superfície lisa ou rugosa. Entretanto, a superfície deve ser obrigatoriamente rugosa quando o diâmetro for igual a 10 mm. São utilizados junto com as barras de aço CA-50 na fabricação das armações de aço como estribos e treliças. Os diâmetros nominais variam de 4,2 a 10 mm.

9.11.2.2 Armazenamento – para evitar a corrosão, o aço não deve ficar em contato direto com o solo. Por isso ele deve ser armazenado sobre tablados ou bases suspensas. Como as peças costumam ter comprimento de 12 metros, os espaçadores podem e devem ser utilizados para auxiliar no armazenamento. As peças de aço também devem ser protegidas do sol, chuva e demais intempéries, e por isso devem ser armazenadas em locais cobertos ou protegidas por lonas plásticas. Para agilizar as tarefas no canteiro de obra, aconselha-se a separar as peças de acordo com a utilização, diâmetro e tipo.

9.11.3 DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE AÇO

9.11.3.1 O dimensionamento de estruturas metálicas de aço para edificações comerciais e industriais de médio e grande porte, empregando perfis laminados

e soldados, é feito de acordo com os procedimentos apresentados pela NBR 8800.

9.11.3.2 O dimensionamento de estruturas metálicas de aço para galpões de pequeno e médio porte, coberturas, mezaninos, casas populares e edifícios de pequeno porte, empregando perfis de chapa dobrada formados a frio, é feito de acordo com os procedimentos apresentados pela NBR 14762.

9.11.3.3 As ligações entre os elementos estruturais podem ser soldadas ou parafusadas devendo-se priorizar, no caso de instalações temporárias, o uso de ligações parafusadas, que permitem a desmontagem e o reaproveitamento.

9.11.4 PROFISSIONAIS NECESSÁRIOS

9.11.4.1 Projeto – o projeto de estruturas metálicas de aço requer conhecimento específico, estando habilitados a esta tarefa os engenheiros de fortificação e construção e os engenheiros civis com registro nos CREA/CONFEA. Atualmente, a complexidade envolvida nos cálculos requer o emprego de *softwares* específicos de dimensionamento e detalhamento de estruturas metálicas.

9.11.4.2 Execução – a execução das estruturas metálicas de aço, nos processos de montagem, desmontagem e principalmente na execução das ligações, requer operários especializados, como técnicos de edificação e de estruturas metálicas, principalmente quando se trata da execução de ligações soldadas ou de ligações parafusadas nas quais o dimensionamento considera pressão de contato ou protensão inicial.

9.11.5 EMPREGO NA ZONA DE COMBATE

9.11.5.1 As atividades prévias quanto ao projeto e à preparação de estruturas metálicas de aço a serem empregadas na zona de combate devem ser feitas previamente, bem como o treinamento das equipes a serem empregadas na sua montagem, como ocorre tradicionalmente com as pontes de equipagem. Esta fase deve considerar também o planejamento logístico para transporte do material, levando em consideração as dimensões máximas suportadas pelos equipamentos de transporte.

9.11.5.1.1 Execução - a montagem deverá ser feita por pessoal previamente treinado e capacitado para realização desta tarefa.

9.11.5.1.2 Empregos - as estruturas metálicas de aço podem ser usadas na implantação de hospitais de campanha, alojamentos, postos de banho, refeitórios e postos de comando.

GLOSSÁRIO

ABREVIATURAS E SIGLAS

A

Abreviaturas/Siglas	Significado
A Rtgd	Área de Retaguarda
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
Ap G Eng	Apoio Geral de Engenharia
ATC	Controle de Tráfego Aéreo (<i>Air Traffic Control</i>)
ATE	Área de Trens de estacionamento de Unidade

B

Abreviaturas/Siglas	Significado
B Log	Batalhão Logístico
Ba Log Cj	Base Logística Conjunta
Bda	Brigada
BLB	Base Logística de Brigada
BLT	Base Logística Terrestre
Btl	Batalhão

C

Abreviaturas/Siglas	Significado
C Ex	Corpo de Exército
CCOL	Centro de Coordenação de Operação Logística
Cd	Consumo Diário
CD	Corrida de Decolagem
CDT	Consumo Diário Total
Cia Log Mnt	Companhia
Cia Log Trnp	Companhia de Logística de Transporte
CLFTC	Comando Logístico de Força Terrestre de Comando
CLTO	Comando Logístico do Teatro de Operações
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente

D

Abreviaturas/Siglas	Significado
DE	Divisão de Exército
Dst Log	Destacamento Logístico

E

Abreviaturas/Siglas	Significado
E-4	Chefe da Seção de Logística
ECD	Em Condições De
EM	Estado-Maior
Eng	Engenharia
EPS	Estrada Principal de Suprimento
Esc	Escalão
Eqp Eng	Equipamento de Engenharia
ETA	Estação de Tratamento de Água

F

Abreviaturas/Siglas	Significado
F Cte	Força Componente
F Op	Fase Operativa
F Ter	Força Terrestre
FAB	Força Aérea Brasileira
FAMES	Flexibilidade, Adaptabilidade, Modularidade, Elasticidade e Sustentabilidade
FTC	Força Terrestre Componente

G

Abreviaturas/Siglas	Significado
Gpt E	Grupamento de Engenharia
Gpt Log	Grupamento Logístico
GU	Grande Unidade

H

Abreviaturas/Siglas	Significado
H Cmp	Hospital de Campanha
H Mil	Hospital Militar

L

Abreviaturas/Siglas	Significado
LAADA	Limite Anterior da Área de Defesa Avançada
LC	Linha de Contato
LP	Linha de Partida

M

Abreviaturas/Siglas	Significado
MLL	Máquina de Lavar Louças
MLR	Máquina de Lavar Roupas

N

Abreviaturas/Siglas	Significado
N Ev	Norma de Evacuação

O

Abreviaturas/Siglas	Significado
OM	Organização Militar
OT	Organização do Terreno

P

Abreviaturas/Siglas	Significado
P Col Mor	Posto de Coleta de Mortos
P Col Slv	Posto de Coleta de Salvados
P Distr CI II	Posto de Distribuição de Suprimento CI II
P Distr CI III	Posto de Distribuição de Suprimento CI III
P Distr CI V (Mun)	Posto de Distribuição Classe V (Munição)
P Distr MB	Posto De Distribuição de Material Bélico
P Rtn Ev	Posto de Retenção e Evacuação
P Sup Agu	Posto de Suprimento de Água
P Tec MB	Posto Técnico de Material Bélico
PAA	Posto de Atendimento Avançado
PC	Posto de Comando
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PMD	Peso Máximo de Decolagem

Q

Abreviaturas/Siglas	Significado
QEM	Quadro de Engenheiros Militares

R

Abreviaturas/Siglas	Significado
RM	Região Militar

S

Abreviaturas/Siglas	Significado
S-4	Chefe da Seção de Logística
Sd	Soldado
SU	Subunidade

T

Abreviaturas/Siglas	Significado
TO	Teatro de Operações

U

Abreviaturas/Siglas	Significado
U	Unidade
UHC	Unidade Hunter de Contribuição

Z

Abreviaturas/Siglas	Significado
Z Aç	Zona de Ação
Z Reu	Zona de Reunião
ZA	Zona de Administração
ZC	Zona de Combate
ZI	Zona de Interior
ZPH	Zona de Pouso de Helicópteros

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7229/82** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 11.174:1990** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5735:90** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5736:90** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5733:91** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5737/86** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 12989:1993** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5732:1991** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 12.235:1992** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13116:1994** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 11578:1991** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR NM ISO 3310-1:1996** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13969/97** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5626:1996** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 8160/99** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14762:2001** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR NM 248:2001** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10.004:2004** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5410/90 2004** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7480:2007** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 8800:2008** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 12655:2015** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 16697:2018** – Publicação Científica Impressa. Documentação. Rio de Janeiro, 2018.

BRASIL. Exército. Estado-Maior do Exército. **O Exército Brasileiro**. EB20-MF-10.101.1. ed. Brasília, DF: EME, 2014.

BRASIL. Exército. Estado-Maior do Exército. **Catálogo de Capacidades do Exército**. EB20-C-07.001. 1. ed. Brasília, DF: EME, 2015.

BRASIL. Exército. Estado-Maior do Exército. **Armazenamento, Conservação, Transporte e Destruição de Munições, Explosivos e Artifícios**. EB40-MT-30.552 – (T9-1903). 1. ed. Brasília, DF: EME, 2018.

BRASIL. Exército. Estado-Maior do Exército. **Glossário de Termos e Expressões para Uso no Exército**. EB20-MF-03.109. 5. ed. Brasília, DF: EME, 2018.

BRASIL. Ministério da Defesa. Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas. **Glossário das Forças Armadas**. MD35-G-01. 5. ed. Brasília, DF: MD, 2015.

BRASIL. Ministério da Defesa. Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas. **Manual de Abreviaturas, Siglas, Símbolos e Convenções Cartográficas das Forças Armadas**. MD33-M-02.4. ed. Brasília, DF: MD, 2021.

MACINTYRE. **Instalações Hidráulicas - Prediais e Industriais**. 4. ed. LTC, 2010.

COMANDO DE OPERAÇÕES TERRESTRES
CENTRO DE DOCTRINA DO EXÉRCITO
Brasília, DF, 17 de dezembro de 2021
www.cdoutex.eb.mil.br